

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zoología y Antropología Física



BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE LA CIGÜEÑA NEGRA
"CICONIA NIGRA" EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Luis Santiago Cano Alonso

Bajo la dirección del doctor

José Luis Tellería Jorge

Madrid, 2013

BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE LA CIGÜEÑA NEGRA
Ciconia nigra
EN LA PENÍNSULA IBÉRICA



TESIS DOCTORAL
LUIS SANTIAGO CANO ALONSO

2012



Departamento de Zoología y Antropología Física (Zoología)
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Complutense de Madrid



**BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE
LA CIGÜEÑA NEGRA**
Ciconia nigra **EN LA PENÍNSULA
IBÉRICA**

TESIS DOCTORAL

Luis Santiago Cano Alonso

**Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Complutense de Madrid**

Octubre 2012

Foto de portada: © Enrique Fernández-Larreta (Portilla del Tiétar, Cáceres, 2002)

Autores de las fotos de los capítulos: © Juan Pablo Resino (capítulo 1 y 2), © Alejandro Onrubia (capítulo 3 y 7), © Óscar Díez Martínez (capítulo 4), © Luis Venâncio (capítulo 5), © Alejandro Torés Sánchez (capítulo 6) y © Juanjo Alarcia (capítulo 8).



Universidad Complutense de Madrid
Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Zoología y Antropología Física

BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE LA CIGÜEÑA NEGRA

***Ciconia nigra* EN LA PENÍNSULA IBÉRICA**

Memoria presentada para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas por la
Universidad Complutense de Madrid por Luis Santiago Cano Alonso, dirigida por el
Dr. José Luis Tellería Jorge, de la Universidad Complutense de Madrid.

Octubre 2012

El Doctorando

Vº.Bº. del Director

Luis Santiago Cano Alonso

Dr. José Luis Tellería Jorge

NOTA IMPORTANTE:

La tesis se ha estructurado en **cuatro grandes bloques**; un primero que ofrece una introducción a la especie y a la población objeto de estudio, y tres que contemplan prácticamente todo el ciclo anual de la especie: el periodo posgenerativo (denominado bajo el epígrafe “migración”), la invernada y la reproducción. **Cada bloque contiene uno o más capítulos** que abordan cuestiones inéditas sobre la cigüeña negra en la península ibérica. Los capítulos a su vez presentan un formato de artículo científico puesto que se encuentran en diferentes fases de publicación (publicado, aceptado, en revisión o preparados para ser enviados).

A Fina y Floro, por enseñarme a volar.

o

“In the end, we conserve only what we love, we will love only what we understand, we will understand only what we are taught”

“Conservaremos solo aquello que amemos, amaremos solo aquello que entendamos y entenderemos solo lo que se nos enseñe”

Atribuido a Baba Dioum.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
CAPÍTULO 1: Biología y conservación de la cigüeña negra <i>Ciconia nigra</i> en la península ibérica: INTRODUCCIÓN GENERAL	5
OBJETIVOS GENERALES	17
CAPÍTULO 2: Movimientos postreproductivos de cigüeñas negras <i>Ciconia nigra</i> ibéricas mediante seguimiento vía satélite	19
CAPÍTULO 3: Estudio comparado de la migración y distribución invernal de las cigüeñas negras <i>Ciconia nigra</i> que pasan por el estrecho de Gibraltar	31
CAPÍTULO 4: Áreas de paradas migratorias y pre-migratorias de la cigüeña negra <i>Ciconia nigra</i> en la península ibérica	55
CAPÍTULO 5: Conservación de las cigüeñas negras <i>Ciconia nigra</i> ibéricas fuera de las áreas de reproducción: distribución, desplazamientos y mortalidad	73
CAPÍTULO 6: Predicción de las áreas de invernada de cigüeña negra <i>Ciconia nigra</i> en Iberia	83
CAPÍTULO 7: Hábitat potencial y tendencias reproductivas de la población ibérica de cigüeña negra <i>Ciconia nigra</i>	101
CAPÍTULO 8: Efecto de la ubicación del nido y de la gestión del territorio sobre la productividad de la cigüeña negra <i>Ciconia nigra</i> en España	123
CONCLUSIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	137



AGRADECIMIENTOS

"Life was like a box of chocolates. You never know what you're gonna get."

“La vida es como una caja de bombones, nunca sabes lo que te va a tocar”

Forrest Gump

El manido tópico de que esta tesis doctoral habría resultado imposible sin la colaboración y amistad de muchas personas es, en este caso, literalmente cierto porque la práctica totalidad de los datos de los que se nutre son ajenos, y porque no me hubiera tocado en “*mi caja*” realizarla sin el apoyo de personas claves a lo largo de bastantes años tras las *damas negras*. Es imposible nombrar a todas, pero sería injusto dejar de nombrar a legítimos co-responsables, de una u otra manera, de esta tesis.

José Luis Tellería es el inspirador y motor de este trabajo. Nunca se habría planteado sin su iniciativa, interés e impulso incondicional. Sus ánimos y optimismo para rescatarme momentáneamente del mundo de lo plano ha sido un regalo en esta vida. No solo ha aportado saber, talento y ha derrochado generosamente tiempo y paciencia conmigo, sino que durante más de dos décadas ha sido, y es, más allá de mi maestro, un modelo profesional, científico, ético, pero sobre todo humano. Espero que éste sea el primer melón abierto de muchos. Gracias *Telle* por TODO, especialmente por tu tiempo, apoyo, confianza y amistad.

Mis padres hicieron posible que mi vocación fuera una realidad, en la senda del trabajo constante y honrado. Fina ha hecho los mayores sacrificios para que pudiera estar escribiendo estas palabras. Sin su condición de madre *completa* yo no sería lo que soy. Floro fue un ejemplo de lucha y dedicación por lo que uno cree y anhela, y se preocupó para que toda mi inclinación por la biología fluyera libremente.

Fátima y Almudena son damnificadas en primera persona de mis rarezas, peculiaridades y ausencias mentales. Ahora pueden comprobar por dónde y con quién estaba en muchas ocasiones.

Toda la familia Domínguez Gómez, Pili *la ratona*, Manuel *Tica*, Arturo, Manuel *animal*, M^a Ángeles, Nuria, Andresito, Pablito, Goyete, los Nogueira Gavilán, Juan, Ramón, Cesáreo y Marcos “*huesos*” durante lustros han estado ahí incondicionalmente en momentos de debilidad para que siguiera adelante.

Alejandro Torés Sánchez ha sido el mejor compañero posible para desarrollar el proyecto *Flying Over Natura 2000* en España. Su apoyo y compromiso han ido mucho más allá del sellado en el pacto del *féretro del conejo* en Tierra de Pinares. Acompañándole, Roberto e Isidoro, “*los Carbonell-es de toda la vida*” son una bendita y *cojonera* palanca de impulso, utilizada antes y durante la tesis. Ellos tres me engañaron haciéndome creer que era posible, y me animaron en muchos momentos con su singular y sobrio “*gracejo*” castellano.

Juaco y *mi Belencita* no solo han hecho que perdiera el miedo y dominara aceptablemente el noble arte del *GIS* dedicándome mucho de su tiempo, sino que han sido mi aliento cuando ha sido necesario, además de regalarme inmerecidamente su afecto.

Alicia y Mónica Hernansanz me respaldaron y aceptaron totalmente durante la época de mayor e intenso *cigüeñeo* en el campo. Sin su comprensión y cariño yo no hubiera sido capaz de tener un balance entre el cielo y la tierra mientras me pelaba el trasero en las piedras.

Manuel Fernández y Yolanda Herranz, de *GesNatura s.l.*, fueron los que inicialmente confiaron en mí y me brindaron la primera oportunidad de *cigüeñear* profesionalmente. Siempre les estaré muy agradecido por ello.

Mi gratitud a todos los profesores, becarios, profesionales y “*especímenes*” que co-habitan o campean por la planta 9 y alrededores porque realmente me han hecho sentirme uno más, como si estuviera en casa. Todos atendieron con paciencia y amabilidad cualquier demanda. Dada mi torpeza, les quité más tiempo del debido a Pablo Refoyo, Carlos, Chechu, Pepe, Tomás, y Camila. Mención aparte para los otros miembros de mi equipo sardinillas. A todos prevengo del desparpajo y entusiasmo de Javi y Guille, porque son capaces de afanar, cual mapachillo o delfín, el corazón sin que uno se dé cuenta.

César Sansegundo con las “*negras*”, Chema Traverso con las “*gitanas*” y Cristina Parkes con las “*princesas del Estrecho*” me han estado ilustrando durante muchos años a través de sus vivencias y notas campestres.

Manuel Cerdán, Juan Pablo Castaño, José Manuel Hernández, Miguel Ángel Sánchez y José Antonio Angulo abrieron de par en par sus libros de campo para ceder todos sus datos altruistamente, además de atender diligentemente todas mis preguntas.



Diecinueve miembros¹ del foro GOCE y allegados, coordinados por Javier Prieta, facilitaron una impagable información sobre la nidificación de la cigüeña negra en Extremadura.

Borja Heredia, Víctor García Matarranz, José María Azcárate y Antonio Fernández de Tejada confiaron en el equipo *Flying Over Natura 2000* España y nos ayudaron considerablemente para que se desarrollara el proyecto exitosamente.

Ricardo Gómez Calmaestra, Eva Banda y Manuel J. Sánchez atendieron impecablemente todas las solicitudes de lecturas y recuperación de anillas. Eva además se dedicó a la tediosa e ingrata tarea de leerse y encontrar errores para subsanarlos a lo largo de este manuscrito.

Iñigo Fajardo, Alfonso Balmori y Luis Prada agilizaron y facilitaron todos los trámites para obtener los datos existentes de cigüeña negra en Andalucía, Castilla y León y Madrid respectivamente.

Guillermo Doval nos ayudó con la solicitud de los resultados del seguimiento vía satélite de cigüeñas negras en Ciudad Real, y Rocío de Quadros, más allá de gestionar su obtención, me ha regalado su FE y CARIño,

Enrique Sánchez procesó diligente y desinteresadamente los datos meteorológicos para que pudiéramos “jugar” con ellos.

Pascual López y Ángel M. Felicísimo, a pesar de no conocerme, no dudaron en aportar gotas de su vasta sabiduría en momentos de encallamiento.

Miguel Blasco Torregrosa me facilitó la financiación para que pudiera acudir a la 2ª Conferencia Internacional de Cigüeña Negra en Trujillo en 1996.

Paquito *abejas* y Coralie Rose Hopwood, *mi Rosa de los corales*, hicieron posible que pudiera participar en la 3ª Conferencia de Cigüeña Negra en Bélgica en 2001.

Gracias a la generosidad de un centenar de incautos compradores de camisetas pude acudir a la 4ª Conferencia Internacional de Cigüeña Negra en Hungría en 2004. Espero que su inversión se vea en parte recompensada con estas páginas.

¹Juan Manuel Brías, Javier Briz, Francisco Buénaga, César Clemente, Arturo Domínguez, Carlos Fernández Díaz, Manuel García del Rey, Pedro Gómez, José Gordillo, Jesús Montero, Javier Mahillo, Sergio Mayordomo, Emilio Orovengua, Jesús Porras, Javier Prieta, Rafael Ruíz, Manuel Jesús Sahagún, Javier Salcedo, Justo Tarriño.

Al otro lado de la *Raya* dos muy buenos amigos han participado activamente con opiniones, referencias, datos de satélite y lecturas de anillas. Son, por tanto, co-autores materiales; Cláudia Franco y Carlos Pacheco. Sin ellos el trabajo no se hubiera ampliado a toda Iberia. Cláudia, además, facilitó el acuerdo de colaboración con el *Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas*. **Muito obrigado** pelo seu amor e amizade.

Annie y Claude Chapalain y Paul Brausault, amigos de andanzas *cigüeñiles*, impulsaron un acuerdo desde Francia con *L'association SOBA NATURE NIEVRE* (*Station Ornithologique du Bec d'Allier*) y *L'Office National des Forêts* para poder disponer de más de veinte seguimientos satelitales de cigüeñas negras francesas y belgas. Tampoco dudaron en concederme parte de su tiempo para aclarar dudas. ¡*Merci beaucoup!*.

Gérard Jadoul y Geoffrey de Schutter hicieron las gestiones oportunas para que pudiéramos utilizar íntegramente los datos del proyecto *Flying Over Natura 2000*.

František Pojer, Carsten Rhode, Maris Stradzs, Tamas Eniko Anna, Lubomir Peske, Patric Lorge y Urmas Sellis han contestado siempre cualquier requerimiento con datos o aclaraciones desde distintos puntos de Europa.

Varios amigos han cedido sus fotos desinteresadamente para ilustrar la portada y las páginas que vienen a continuación. Entre ellos, Juan Pablo Resino editó con sumo esmero toda imagen que le solicité.

Y por supuesto, mi eterna gratitud y admiración a ellas. Me embrujaron para siempre con su mágica mirada y sus irisaciones imposibles entre los pinos del Tiétar. El negro, rojo y blanco sobrevolando pinares, dehesas y riberas me cautivaron irremediabilmente. Me han hecho disfrutar de eternas e inolvidables (y a veces gloriosas) jornadas de campo. Tras ellas he podido disfrutar de rincones desconocidos, patear y perderme en lugares emblemáticos, además de conocer amigos entrañables que sufren del mismo embrujo.

Esta tesis pues, es el resultado de la seducción de las damas negras y del conocimiento, amistad o generosidad de todas estas personas.

La Adrada, octubre de 2012

AYE 1435

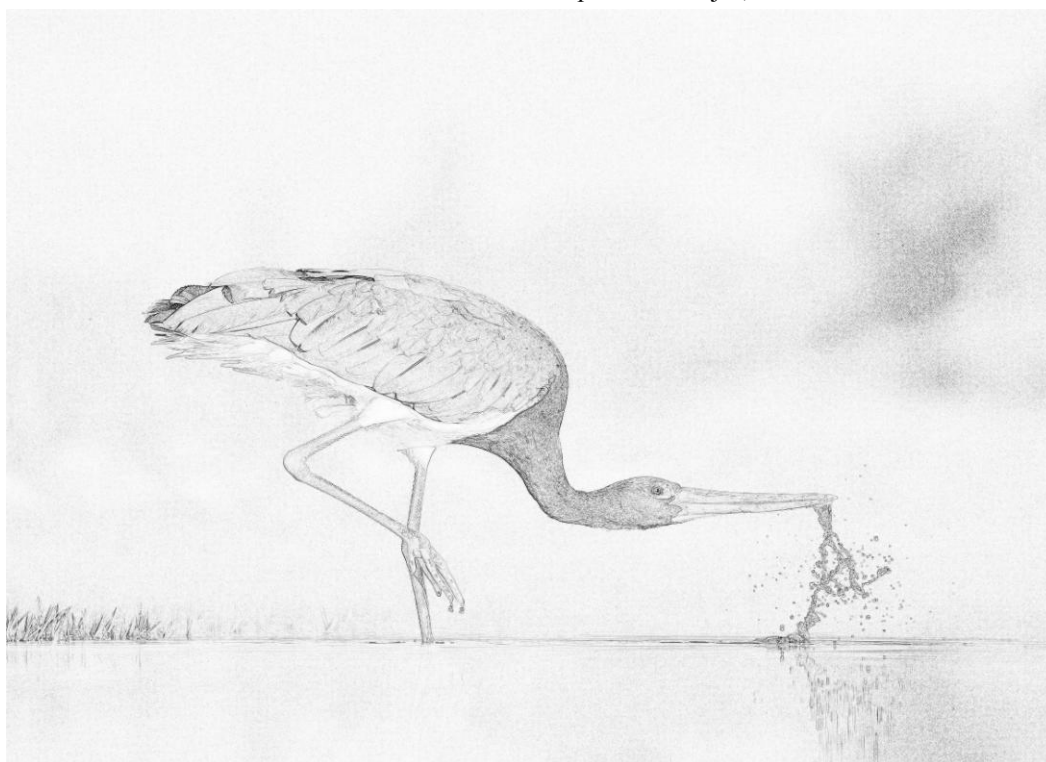
Biología y conservación de la cigüeña negra

Ciconia nigra en la península ibérica:

INTRODUCCIÓN GENERAL

“No anida en parte ninguna de la Península, pudiéndosela pues considerar accidental y de paso en enero y febrero en Andalucía y varias provincias del litoral mediterráneo”.

Martínez Gámez, V. 1906. *Apuntes para la ornitología Andaluza y de España en General*. Imprenta R. Rojas, Madrid.



Este capítulo reproduce parcialmente el artículo:

Cano Alonso, L.S. (2004). *Cigüeña Negra – Ciconia nigra*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>.



Biología y conservación de la cigüeña negra *Ciconia nigra* en la península ibérica: INTRODUCCIÓN GENERAL

Marco conceptual: ¿por qué una tesis sobre la cigüeña negra en Iberia?

“En su planteamiento más tradicional, el seguimiento de una población animal (amenazada) consiste en el control rutinario de su abundancia. Sin embargo, el seguimiento de la evolución numérica de las poblaciones es una herramienta para su conservación. Registrar su abundancia no es un fin sino el medio con el que mejorar su gestión” (Tellería 2002). El diagnóstico de las causas de los cambios demográficos sufridos en las poblaciones, y la predicción de su evolución, se antojan aspectos fundamentales para la correcta gestión y conservación de las mismas. De ahí la necesidad de abordar seguimientos integrados (Baillie 1990), donde se tengan en cuenta diferentes variables y recursos que permitan explorar los procesos asociados a la evolución demográfica de las poblaciones (por ejemplo, Caughley 1977). Si bien en principio todas las especies y poblaciones tienen el mismo derecho a ser conservadas, *“no todas presentan una situación demográfica equivalente, y en consecuencia, un apremio conservacionista similar”* (Tellería 2002).

Durante más de 25 años la cigüeña negra *Ciconia nigra* estuvo catalogada como *“en peligro de extinción”* en España (*Ley 4/89 de Conservación de los Espacios Naturales Protegidos y de la Fauna y Flora Silvestres y Real Decreto 439/1990 por el que se regulaba el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas*). En la actualidad está catalogada como *“vulnerable”* tanto en España (Real Decreto 139/2011) como en Portugal (Cabral 2006). La inclusión de la especie en dicha categoría en territorio español *“conllevará la adopción de un plan de conservación que incluya las medidas más adecuadas para el cumplimiento de los objetivos buscados, en un plazo máximo de*

cinco años” (Ley Orgánica 16/2007 de 13 de diciembre, complementaria de la Ley para el desarrollo sostenible del medio rural).

El número de parejas reproductoras conocidas en España apenas supera las 300 (Cano Alonso y Hernández García 2003), y la población reproductora ibérica en su conjunto es disyunta del resto del mundo. A pesar de estas dos características tan relevantes, que no garantizan la conservación y viabilidad de la población ibérica a medio plazo, apenas ha recibido atención durante todo este tiempo, lo que le ha valido la consideración de “*cenicienta*” en la avifauna española.

Efectivamente, a pesar de haber ocupado los primeros lugares entre las especies de aves en mayor peligro de extinción, ha estado tradicionalmente lejos de la atención que han recibido algunas otras especies en España, incluso algunas con menor grado de amenaza. Tan solo dos de las cinco comunidades autónomas que debían hacer planes de recuperación (Juntas de Castilla y León y de Castilla La Mancha) finalmente aprobaron sendos planes, aunque eso no aseguró seguimientos anuales en todas aquellas provincias con presencia de esta cigüeña. A nivel de la administración central, tampoco le ha ido mejor a la especie. El plan coordinado de actuaciones para la protección de la cigüeña negra (ICONA 1992), impulsado por el extinto ICONA, apenas funcionó puesto que no hubo reuniones periódicas de coordinación entre administraciones. Igualmente la especie no fue merecedora de monografía alguna en la que se pudiera compilar, analizar y divulgar la información que se iba generando regionalmente, algo que supone un agravio comparativo si se tiene en cuenta las publicaciones realizadas sobre otras especies de aves con el mismo o menor grado de amenaza. Tampoco ha tenido atención por parte del mundo científico. Por ejemplo, llama la atención que la revista *Ardeola*, el foro donde tradicionalmente se ha publicado el conocimiento científico relacionado con la ornitología española durante décadas, no contenga en más de 60 años de existencia ni un solo artículo extenso sobre la especie. Tan solo está presente en diversas notas breves (por ejemplo, Bernis 1956, Silva y Márquez 1969, López Jurado *et al.* 1978, Madroño *et al.* 1992). Finalmente, el mundo académico no ha contribuido tampoco al conocimiento de la población ibérica de cigüeña negra. Hasta la fecha no existe tesis doctoral alguna



sobre la especie, ni en España ni en Portugal. Con esta tesis, se pretende contribuir a que tal situación empiece a revertir. En ella se abordan diferentes aspectos de la ecología y biología de la cigüeña negra en la península ibérica, en la que se estudian aspectos y fenómenos relacionados con su migración, invernada y reproducción, es decir, a lo largo de todo su ciclo anual. Con esto, se quiere ofrecer una aproximación integradora de la ecología y biología de la cigüeña negra a una escala ibérica con información procedente de distintos seguimientos. Se trata de proporcionar una aproximación científica de la que carece esta población, que puede ser útil en el establecimiento de estrategias y prioridades de conservación.

Métodos generales

Para la elaboración de esta tesis se ha contado con datos muy dispares procedentes de numerosas fuentes. Para abordar los objetivos relacionados con la reproducción se contó con información cartográfica oficial cedida por la Junta de Andalucía, la Junta de Castilla y León y la Comunidad de Madrid. Expertos naturalistas locales cedieron valiosa información cartográfica sobre la cigüeña negra en Extremadura y Castilla La Mancha desde 1992 hasta 2009. De la misma manera se obtuvo información para el mismo periodo de tiempo sobre parámetros reproductivos anuales en cada región, a excepción de Andalucía. Adicionalmente, el “*Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas*” (ICNF) de Portugal cedió datos anuales globales sobre productividad de parejas que crían en el norte y el sur de Portugal. Para abordar los objetivos relacionados con el periodo posgenerativo se usaron datos obtenidos mediante el seguimiento vía satélite de cigüeñas negras marcadas en la península ibérica y en países centroeuropeos. Los datos utilizados fueron cedidos por el ICNF, el “*Office National des Forêts*” (ONF) y “*SOBA Nature Nièvre*” de Francia, la Sociedad Estatal Aguas de las Cuencas del Sur, S.A. (acuaSur), y el proyecto “*Flying Over Natura 2000*” (07040200.00/2004/393583/SUB/B2). Finalmente, para abordar el objetivo relacionado con la invernada se contó con la base de datos de la oficina de anillamiento adscrita al Equipo de Seguimiento de Procesos Naturales de la Estación Biológica de Doñana – CSIC, la base de datos de anillas legibles a distancia de Carlos

Pacheco y datos propios. Los datos fueron tratados mediante herramientas y análisis de Sistemas de Información Geográfica (ArcView[®] GIS 3.2, ArcGIS[®] 9.2, ArcGIS[®] 10.0, *Hawth's tools v3.27*), el programa *MaxEnt* de modelización de distribución de especies, y diferentes procedimientos estadísticos disponibles en STATISTICA v.7

Especie objeto de estudio

La cigüeña negra *Ciconia nigra* es una de las 19 especies de cigüeñas existentes en la actualidad, aunque la taxonomía de alguna de ellas está todavía en discusión (del Hoyo *et al.* 1992). La cigüeña negra se incluye en la Tribu *Ciconiini*. Agrupadas dentro de la familia *Ciconiidae*, también conocidas como "cigüeñas típicas", se distinguen del resto de familias del controvertido orden *Ciconiforme* por aspectos anatómicos, de comportamiento, o una combinación de ambas (Del Hoyo *et al.* 1992; Hancock *et al.* 1992, para una revisión). Desde hace unos años, estudios de sistemática molecular vienen relacionando a esta familia con los buitres del nuevo mundo (Cathartidae; Avise *et al.* 1994).

La cigüeña negra es única por diversas circunstancias (Strazds 2011). Es la que presenta la más extensa área de reproducción entre todas las especies de cigüeñas (Hancock *et al.* 1992), así como uno de los mayores ámbitos de distribución entre todas las especies de aves. De hecho, ha sido registrada en más de 105 países (Strazds 1996). Pero al mismo tiempo, no es común en ningún país. Quizás por ello ha atraído el interés internacional sobre su conservación: está incluida en el Anexo 1 de la Directiva Aves de la Unión Europea (2009/147/CE), los Anexo II de los Convenios de Berna (Convenio relativo a la Conservación de la Vida Silvestre y del Medio Natural de Europa) y Bonn ("Convenio de especies migradoras") respectivamente, y en el Anexo 2 de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres ("Convenio CITES"), considerada dentro de SPEC 2 por *BirdLife International* (BirdLife International 2004) e incluida dentro del Acuerdo para la Conservación de aves acuáticas migratorias africanas-eurasiáticas (AEWA; <http://www.unep-aewa.org/>).



La especie, supuestamente monotípica, se reparte en tres subpoblaciones reproductoras disyuntas, dos de ellas en la región paleártica (entre los 36° y los 60° de latitud) y la restante en la etiópica. La subpoblación reproductora más numerosa (Strazds 2011) y que presenta un rango de distribución más amplio, es la que ocupa la práctica totalidad de la región euroasiática: se distribuye desde Francia y parte del *Benelux* hasta Mongolia, la península de Corea y costa este de China (Figura 1.1). El área de invernada de esta subpoblación se extiende desde Indochina, norte del subcontinente indio, Oriente Medio y Próximo, el Sahel y este del continente africano. La segunda subpoblación más extendida y numerosa es la que se localiza en África austral (distribuida entre aproximadamente los -34° y -15° latitud). Se considera fundamentalmente residente o localmente nómada, y está supuestamente aislada del resto de las subpoblaciones a lo largo del año, puesto que no alcanza en sus movimientos australes las latitudes de invernada de la población europea (Cannell *et al.* en prensa).

La última subpoblación reproductora, la más pequeña y aislada geográficamente durante la reproducción, se encuentra exclusivamente en la península ibérica, en el extremo más occidental del Paleártico (Figura 1.1).



Figura 1.1. Mapa esquemático de la distribución mundial de la cigüeña negra
(Fuente: www.alados.org)

Población estudiada

Al contrario de lo que ha ocurrido con la gran subpoblación paleártica, cada vez mejor conocida y estudiada (Löhmus *et al.* 2005, Bobek *et al.* 2003a, 2003b, 2008, Hourlay 2003, Jadoul *et al.* 2003a, 2003b, Rosenvald y Löhmus 2003, Jiguet y Villarubias 2004, Treinys *et al.* 2008, Chevallier *et al.* 2011, Strazds 2011, Tamás 2012), la información sobre la subpoblación de Iberia ha sido tradicionalmente escasa y fragmentada.

Apenas se cita su existencia en los primeros libros sobre ornitología ibérica a finales del siglo XIX (Saunders 1869, Arévalo y Baca 1887), habiendo mayormente citas ocasionales de la especie durante gran parte del siglo XX (por ejemplo, Bernis 1956, Silva y Márquez 1969, López Jurado *et al.* 1978). No es hasta 1987 cuando se hace el único censo nacional en España (González 1987). Aunque el censo resultó ser incompleto, tanto en el tamaño de la población como en su área de nidificación (Parra



1988, Sánchez *et al.* 1993), supone un punto de partida al establecer la población reproductora española en los años ochenta del siglo XX en 175 parejas (130 seguras y 45 posibles). Los últimos datos para la subpoblación en su totalidad arrojan apenas 400 parejas reproductoras conocidas (Cano Alonso *et al.* 2006, Figura 1.2), pero se desconoce si ese aumento en el número se debe a una mejor prospección del territorio o a un incremento real de la subpoblación.

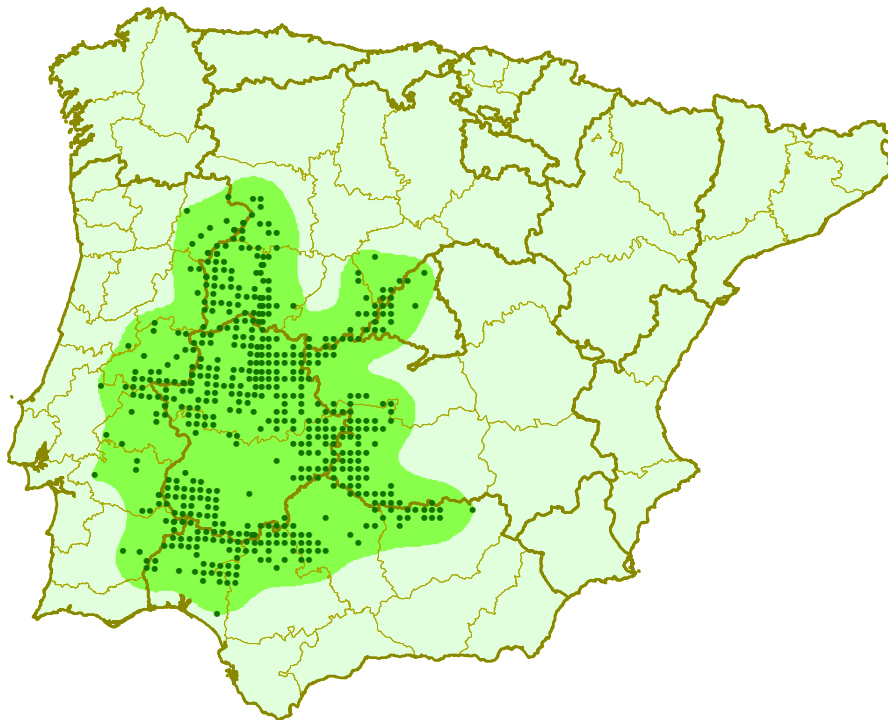


Figura 1.2. Área de distribución de la cigüeña negra en la península ibérica a principios del siglo XXI (Cano Alonso *et al.* 2006, figura preparada por Cláudia Franco)

Durante mucho tiempo se pensó que la subpoblación ibérica no migraba a África y era residente (Bernis 1966). A medida que los programas de marcaje de aves mediante anillas se fueron desarrollando, se comprobó que al menos parte de la subpoblación ibérica migraba hacia África al igual que la subpoblación reproductora del resto de Europa, que pasa sobre territorio ibérico a lo largo de sus migraciones (Bernis 1980). Se trata de un fenómeno bien estudiado en las últimas dos décadas gracias al seguimiento de individuos centroeuropeos mediante emisores satelitales (por ejemplo, Bobek *et al.* 2008). Sin embargo, todavía se conocen mal los movimientos realizados por parte de los

individuos ibéricos. En el **capítulo 2** se desvelan los movimientos posgenerativos de aves ibéricas y se compara la migración otoñal de las poblaciones que cruzan por Gibraltar en el **capítulo 3**.

Dada la estratégica posición de la península ibérica entre Europa y África, todo el territorio peninsular supone la última oportunidad para descansar y reponer fuerzas para las cigüeñas negras antes de enfrentarse a dos retos geográficos importantes en su

migración: el estrecho de Gibraltar y el desierto del Sahara. Esto conlleva que durante esta fase coincidan individuos procedentes de ambas subpoblaciones paleárticas. Sin embargo, solo se sabe que se encuentran y forman concentraciones (por ejemplo, Sansegundo 1992, Moreno-Opo 2009). En el **capítulo 4** se estudia la distribución geográfica de dichas concentraciones y la selección y uso del hábitat por las cigüeñas dentro de esos territorios.

Se sabe muy poco sobre la mortalidad de las cigüeñas negras ibéricas, más allá de lo que se registra en los informes provinciales y autonómicos de seguimiento de la especie. Se ha observado que la mortalidad no natural se produce por colisión y electrocución con líneas aéreas eléctricas, destrucción accidental de nidos (por ejemplo, durante el descorche de los alcornoques) y disparos con armas de fuego (Cano Alonso 2004). La información disponible se centra sobre todo en el periodo reproductor, que es aproximadamente la tercera parte del ciclo anual de los individuos. Por eso, en el **capítulo 5** se aborda la mortalidad de individuos ibéricos fuera de esta época, durante sus movimientos postreproductivos, la migración y especialmente la invernada.

La península ibérica presenta un rasgo también singular para la especie en el contexto europeo al servir determinadas áreas como cuarteles de invierno para la cigüeña negra (Bernis 1966, 1980, Sansegundo 1992). Se sabe del origen ibérico y extra ibérico de los individuos que pasan el invierno en estas latitudes (Parkes y Torés 2003, Cano Alonso 2006). Y también que es una población invernante en aumento (Máñez *et al.* 2010). En el **capítulo 6** se estudia qué áreas son susceptibles de ser cuarteles de invierno en Iberia y qué variables explican mejor su idoneidad y ocupación.



Por otro lado, las tendencias demográficas en la gran subpoblación paleártica difieren a lo largo de su distribución. Mientras la especie está recolonizando en las últimas décadas áreas centroeuropeas (Strazds *et al.* 1996), se ha detectado un fuerte declive en los países bálticos (Lõhmus *et al.* 2005, Treinys *et al.* 2008, Strazds 2011). En lo que se refiere a la distribución espacial de la subpoblación ibérica, tampoco se tiene certeza de su patrón de ocupación. Dado su esquivo comportamiento y su baja densidad, ha sido una especie muy mal registrada históricamente (González y Merino 1988), incluso recientemente, por lo que conocer su área de distribución como reproductora a través del tiempo resulta muy complicado. Por ejemplo, en el censo nacional de 1987 la especie no aparece como reproductora en Madrid (González 1987), cuando existían al menos dos parejas (Parra 1988). Solamente se puede aseverar que en base a los seguimientos realizados ha habido una discreta ampliación del área de distribución conocida hacia el centro-este y norte de la península ibérica, tendencia que también se manifiesta hacia el oeste, en territorio portugués (Cano Alonso *et al.* 2006). En el **capítulo 7** se explora la tendencia desconocida de la subpoblación reproductora ibérica mediante el análisis de su éxito reproductivo así como el área idónea de reproducción de la especie en base a una serie de variables fundamentalmente ambientales.

Por último, la subpoblación ibérica tiene una serie de rasgos singulares respecto a la gran subpoblación paleártica que la asemejan más en ciertas características a la subpoblación africana. Dos de las más destacadas son el comportamiento rupícola de una fracción importante de las cigüeñas reproductoras ibéricas (Ferrero y Román 1991, Cano Alonso 2004, Cano Alonso *et al.* 2006) por un lado, y la condición de parcialmente residente por el otro (Del Hoyo *et al.* 1992). Efectivamente, más del 50% de los nidos conocidos de la especie en la península ibérica se localizan en roca (100% en el caso de la subpoblación reproductora africana), desconociéndose si este rasgo supone alguna diferencia en el éxito reproductor respecto a las parejas que crían en árbol (la práctica totalidad de las parejas europeas). En el **capítulo 8** se explora si existe alguna diferencia en el éxito reproductor atendiendo al tipo de sustrato de la especie.

OBJETIVOS GENERALES

Los objetivos generales de este estudio son:

OBJETIVOS RELACIONADOS CON LA MIGRACIÓN

1.- Profundizar en el conocimiento de los movimientos posreproductivos de la población ibérica de cigüeña negra (**Capítulo 2:** *Movimientos posreproductivos de cigüeñas negras Ciconia nigra ibéricas mediante seguimiento vía satélite*).

2.- Comparar la migración otoñal y la distribución invernal de la población ibérica respecto a la población centroeuropea (**Capítulo 3:** *Estudio comparativo de la migración y distribución invernal de las cigüeñas negras Ciconia nigra que pasan por el estrecho de Gibraltar*).

3.- Determinar y caracterizar las áreas pre-migratorias de las aves ibéricas y las áreas de parada y descanso de las centroeuropeas en la península ibérica (**Capítulo 4:** *Áreas de paradas migratorias y pre-migratorias de la cigüeña negra Ciconia nigra en la península ibérica*).

OBJETIVOS RELACIONADOS CON LA INVERNADA

4.- Indagar sobre la mortalidad de cigüeñas negras ibéricas en sus desplazamientos fuera de las áreas de reproducción (**Capítulo 5:** *Conservación de las cigüeñas negras Ciconia nigra ibéricas fuera de las áreas de reproducción: distribución, desplazamientos y mortalidad*).

5.- Modelizar la distribución de la invernada de la cigüeña negra en la península ibérica (**Capítulo 6:** *Predicción de las áreas de invernada de cigüeña negra Ciconia nigra en Iberia*).



OBJETIVOS RELACIONADOS CON LA REPRODUCCIÓN

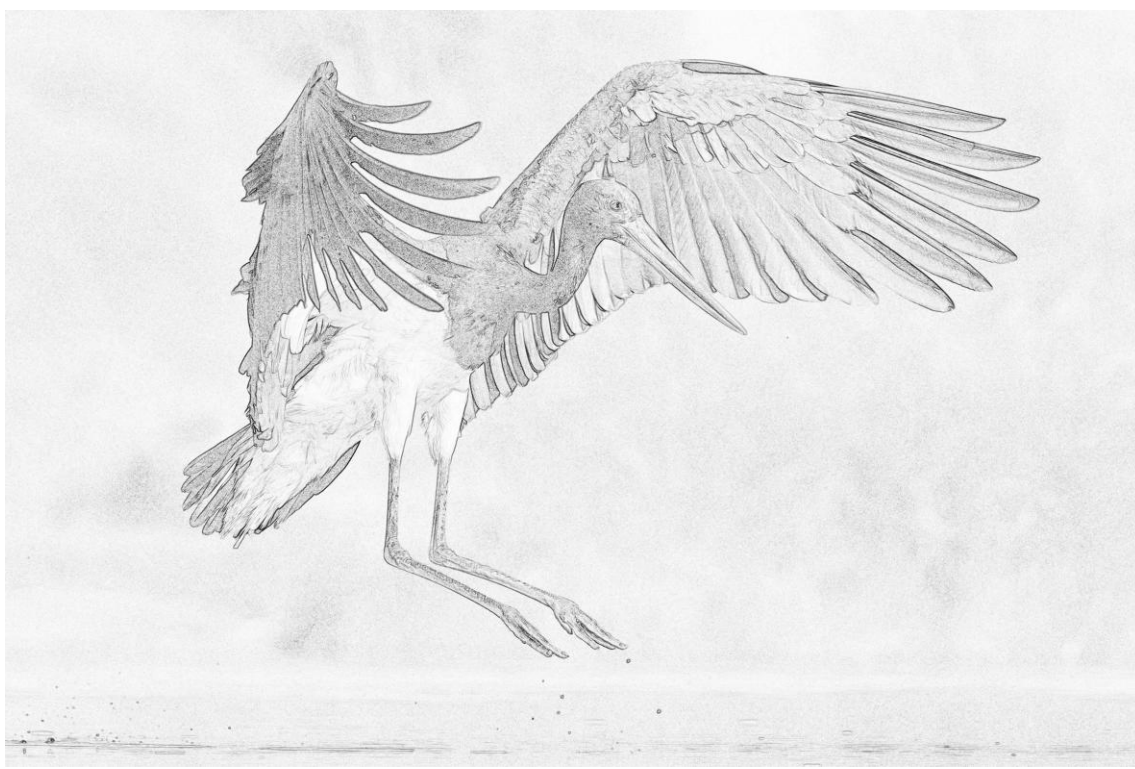
6.- Determinar los patrones espacio – temporales y la tendencia demográfica de la población ibérica de cigüeña negra (**Capítulo 7: *Hábitat potencial y tendencias reproductivas de la población ibérica de cigüeña negra Ciconia nigra***).

7.- Explorar si el sustrato de nidificación y el tipo de gestión del territorio tienen alguna influencia en el éxito reproductor de la cigüeña negra en Iberia (**Capítulo 8: *Efecto de la ubicación del nido y de la gestión del territorio sobre la productividad de la cigüeña negra Ciconia nigra en España***).

Movimientos postreproductivos de cigüeñas negras *Ciconia nigra* ibéricas mediante seguimiento vía satélite

“El periodo post-nupcial se caracteriza por una marcada tendencia a la agregación.”

Álvarez *et al.* 1993. Áreas de concentración post-nupcial, invernal y primaveral de la cigüeña negra (*Ciconia nigra*) en Extremadura. *Alytes* 6: 51 – 64.



Este capítulo reproduce el artículo **Aceptado**:

Cano, L.S., Franco, C., Doval, G., Torés, A., Carbonell, I. y Tellería, J.L., en prensa. Post-breeding movements of Iberian black storks *Ciconia nigra* as revealed by satellite tracking. *Ardeola*.



2

Movimientos postreproductivos de cigüeñas negras *Ciconia nigra* ibéricas mediante seguimiento vía satélite

INTRODUCCIÓN

Los movimientos migratorios de las cigüeñas negras *Ciconia nigra* centroeuropeas a grandes escalas geográficas han sido ampliamente estudiados desde la introducción del seguimiento vía satélite (Bobek *et al.* 2003a, 2003b, 2008, Hourlay 2003, Jadoul *et al.* 2003a, 2003b, Jiguet y Villarubias 2004, Chevallier *et al.* 2011). Sin embargo, los movimientos realizados por las cigüeñas negras que conforman la subpoblación ibérica permanecen muy poco analizados. La mayor parte de la información disponible se refiere a registros de individuos de origen desconocido que muestran la existencia de un corredor migratorio noreste-suroeste que cruza toda la Península, la detección de concentraciones premigratorias y el incremento del número de individuos invernantes en algunos sitios del suroeste ibérico (Madroño *et al.* 1992, Bernis 1966, 1980, González y Sánchez 1978, López Jurado *et al.* 1978, Velasco y Torralvo, 2002, Moreno-Opo *et al.* 2009). Hay menos información disponible, si cabe, sobre los movimientos de las cigüeñas negras ibéricas dentro de la península ibérica antes de la migración otoñal (Álvarez *et al.* 1993, Ferrero *et al.* 1993) y sus rutas migratorias en el continente africano. Recientemente, algunos proyectos en España y Portugal (<http://alados.org/>, <http://seguimentodeaves.domdigital.pt/>; Doval *et al.* 2009) han seguido mediante satélite los movimientos de algunas cigüeñas negras ibéricas proporcionando información que permite realizar un análisis general de conjunto de los desplazamientos postreproductivos de las cigüeñas negras ibéricas. En este estudio se ha utilizado la información proporcionada por 10 aves de Portugal (n = 5) y España (n = 5) para explorar los siguientes aspectos:

1. Los movimientos postreproductivos y migratorios de las cigüeñas negras dotadas con emisor. Después de algunas sugerencias iniciales sobre el comportamiento sedentario de la población ibérica de cigüeña negra, Bernis (1980) planteó la hipótesis que la mayor parte de la población migra a África. Algunos de estos desplazamientos han sido ya ilustrados mediante el seguimiento por satélite (Doval *et al.* 2009), pero permanece todavía poco claro si la mayor parte de las cigüeñas negras ibéricas se trasladan al Sahel o por el contrario permanecen en los cuarteles invernales ibéricos.
2. Se ha evaluado si las cigüeñas negras ibéricas vuelan directamente al Sahel o realizan paradas en el sur de España y norte de África antes de cruzar el desierto del Sahara. Muchas cigüeñas negras centroeuropeas hacen escalas durante sus viajes migratorios a África antes de cruzar el estrecho de Gibraltar (Bobek *et al.* 2008; Chevallier *et al.* 2011), pero no se sabe realmente si esta estrategia es usada por la población ibérica, más cercana a los cuarteles de invierno africanos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Origen de los individuos marcados

Ocho pollos de cigüeña negra fueron equipados en el nido con emisores Solar-GPS/Argos PTTs-100 70 g de la empresa *Microwave Telemetry* (USA) en diferentes lugares del este de Portugal (dos aves en 2003, dos en 2004 y una en 2006) y centro de España (Ciudad Real; dos en 2007 y una en 2008). Los emisores fueron programados para obtener datos cada hora durante el periodo diario diurno en el caso de dos aves en Portugal (*Lavandula* y *Nerium*) y cada dos y tres horas respectivamente durante el periodo diario diurno en los otros casos.

En 2005, un adulto reproductor y un individuo inmaduro fueron capturados en el oeste de España y equipados con emisores PTTs 60 g convencionales de la empresa



Northstar Science (USA). Los transmisores fueron programados para obtener información durante 6 horas cada día durante el periodo migratorio. Las señales fueron interceptadas por satélites NOAA y enviados a la sede de Argos, obteniendo los datos a través de su sistema de distribución de la información. A partir de la calidad de las localizaciones, Argos las clasificó en siete categorías (3, 2, 1, 0, A, B y Z), utilizándose para este estudio solo las de mayor precisión (categorías 3, 2, 1 y 0, Argos 1996, Hays *et al.* 2001). Las localizaciones de categoría 0 fueron incluidas en el análisis de las rutas migratorias solo si eran consideradas apropiadas en consonancia con los datos temporales y espaciales más próximos, es decir, si el desplazamiento realizado teniendo en cuenta una localización de categoría 0 era verosímil en el tiempo y en el espacio respecto a la localización anterior. La información de las cigüeñas marcadas fue georreferenciada con el programa de Sistema de Información Geográfica ArcView[®] GIS 3.2 y ArcGIS[®] 9.2.

Análisis de datos

Entre 2003 y 2008 se registraron 6.768 localizaciones dentro de las categorías fiables, correspondientes a las 10 cigüeñas objeto de estudio. Los registros de ocho de las cigüeñas marcadas fueron clasificados en dos periodos principales. Aquellas localizaciones obtenidas entre el primer día en el que cada individuo se movió desde el área donde estaba ubicado su nido hasta el día anterior a iniciar la migración otoñal, fueron incluidas en el *periodo postreproductivo itinerante*. Se incluyó en el *periodo migratorio* aquellas localizaciones registradas desde el día en que las cigüeñas empezaron los desplazamientos en dirección sur con un recorrido superior a 100 km. Siguiendo a Bobek *et al.* (2008) se establecieron los siguientes parámetros migratorios: La *distancia migratoria* (km); la distancia cubierta desde las áreas postreproductivas a las de invernada, *días de parada y descanso migratorio* (“*stopovers*”); referidos a los días en que las cigüeñas permanecieron en un área de descanso (un área de descanso es aquella área en la que las cigüeñas estuvieron al menos 3 días moviéndose menos de 100 km por día durante la migración otoñal), *duración de la migración* (d) o el número total de días invertidos en el viaje migratorio (incluyendo los días “*stopover*”), y la

velocidad de migración: distancia migratoria (km) dividida entre el número de días invertidos en el viaje migratorio (duración de la migración).

Se usó la densidad de las localizaciones para explorar las áreas de campeo usadas por las cigüeñas negras en Iberia (Kenward *et al.* 2001). Se calcularon para cada ave marcada un área corazón (con la densidad del 50% de las localizaciones) y un área global (densidad del 90% de las localizaciones) mediante kernel adaptativos para definir el tamaño y la estructura de las áreas de campeo, particularmente para ver la existencia de áreas corazón y globales amplias y continuas o discontinuas y multi nucleares. Las áreas globales fueron usadas para definir el tamaño del área de campeo de cada cigüeña marcada, y las áreas corazón para valorar la intensidad de uso dentro de sus correspondientes áreas de campeo. Todas las áreas de campeo fueron calculadas usando la extensión *Home Range Extension* (Rodgers y Carr 1998) para ArcView3.2[®] GIS. No fue posible delimitar el área de campeo de uno de los ejemplares (*Esperanza*) debido a la falta de suficientes localizaciones fiables para determinarla. Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando la versión STATISTICA 7.0 para *Windows* (StatSoft 2004).

RESULTADOS

Un joven murió nada más abandonar el nido, y por consiguiente se descartaron sus localizaciones; y dos antes de disponerse a cruzar el estrecho de Gibraltar. Las otras siete cigüeñas supervivientes fueron seguidas durante todo el periodo postreproductivo y la migración otoñal. Todas ellas sobrevolaron el desierto del Sahara para alcanzar el Sahel (Figura 2.1).

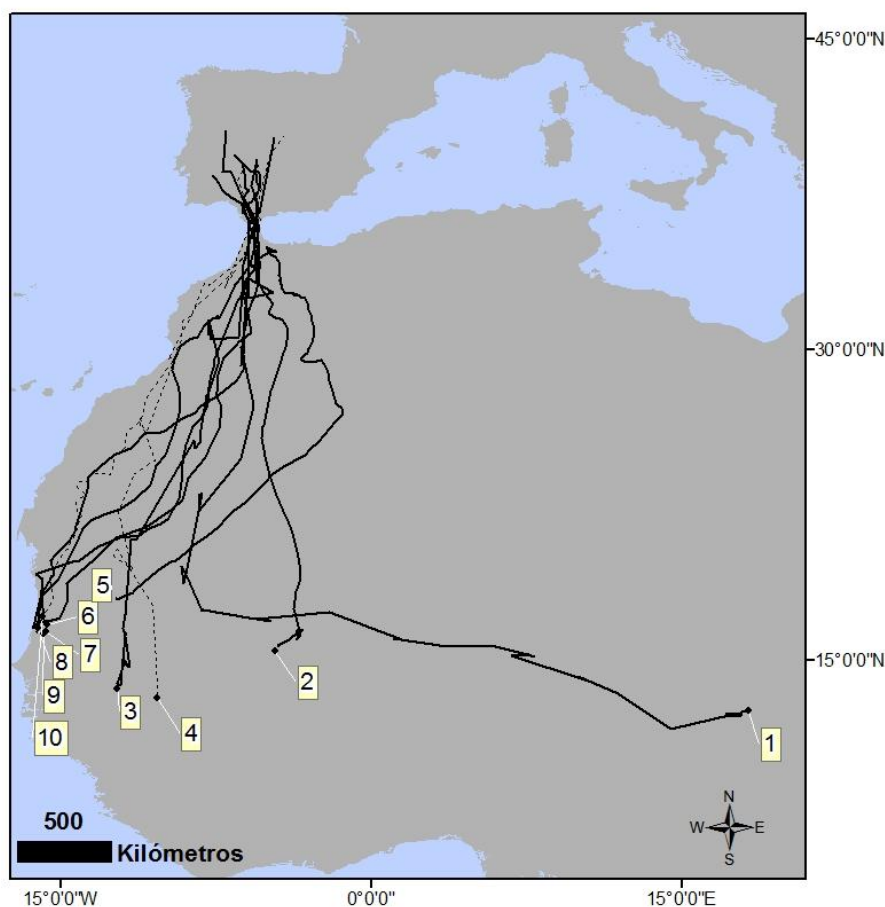


Figura 2.1. Rutas migratorias otoñales y primaverales de 7 cigüeñas negras seguidas mediante satélite desde sus áreas de cría en la península ibérica hasta sus cuarteles de invierno en África. 1: *Espartero* migración otoñal 2005; 2: *Negrita* migración otoñal 2004; 3: *Esperanza* migración otoñal 2005; 4: *Esperanza* migración primaveral 2006; 5: *Lavandula* migración otoñal 2003; 6: *Caridad* migración otoñal 2006; 7: *Fe* migración otoñal 2008; 8: *Fe* migración primaveral 2009; 9: *Fe* migración otoñal 2009; 10: *Venâncio* migración otoñal 2006.

Las cigüeñas negras se movieron por todo el cuadrante suroccidental de la península ibérica después del periodo reproductivo (Tabla 2.1, Figura 2.2). Ocuparon áreas localizadas entre 3 y 190 km (media \pm error estándar, $57,4 \pm 32,20$ km, $n = 8$) de los lugares de reproducción. La distancia total recorrida durante este periodo varió desde 100 km a más de 800 km (media \pm error estándar, $497,13 \pm 78,33$ km, $n = 9$). La media de los movimientos diarios tuvo un rango de 1,5 a 26,1 km (Tabla 2.1). Las áreas globales variaron de 175 a 7.910 km^2 (media \pm error estándar, $1.955,6 \pm 963,63 \text{ km}^2$, $n = 8$). Algunas cigüeñas ($n = 4$) establecieron una única amplia y continua área de campeo durante el periodo postreproductivo, mientras que el resto de las cigüeñas

marcadas explotaron intensamente entre dos y cuatro áreas corazón separadas entre sí. Estas áreas variaron entre 31 y 1.360 km² (390,5 ± 177,63, n = 8).

Tabla 2.1. Distancia total (km), distancia diaria (km/día), área corazón (C) (km²) y área global (G). ¹Distancias totales recorridas por Fe durante dos periodos postreproductivos. ² El área corazón y global de *Esperanza* no se pudo calcular por falta de localizaciones fiables durante este periodo. S.E. = error estándar.

Cigüeña	Periodo postreproductivo			
	Km total	km/día	Área C-Kernel 50% (km ²)	Área G-Kernel 90% (km ²)
Nerium	741	8,9	69	252
Lavandula	556	9,3 ± 2,1	397	2.372
Negrita	831	18,4 ± 1,8	31	189
Lua Nova	365,7	26,1	1.360	7.910
Venâncio	496	10 ± 2,8	119	451
Esperanza	108	1,5 ± 0,1	- ²	-
Espartero	217	3 ± 0,7	32	175
Caridad	482	7,9 ± 1,1	148	596
Fe	522,5 1,958 ¹	11,2 ± 1,4	968	3,700
Media ± SE		10,7 ± 2,5	220,6 ± 115,5	1.955,6 ± 963,4

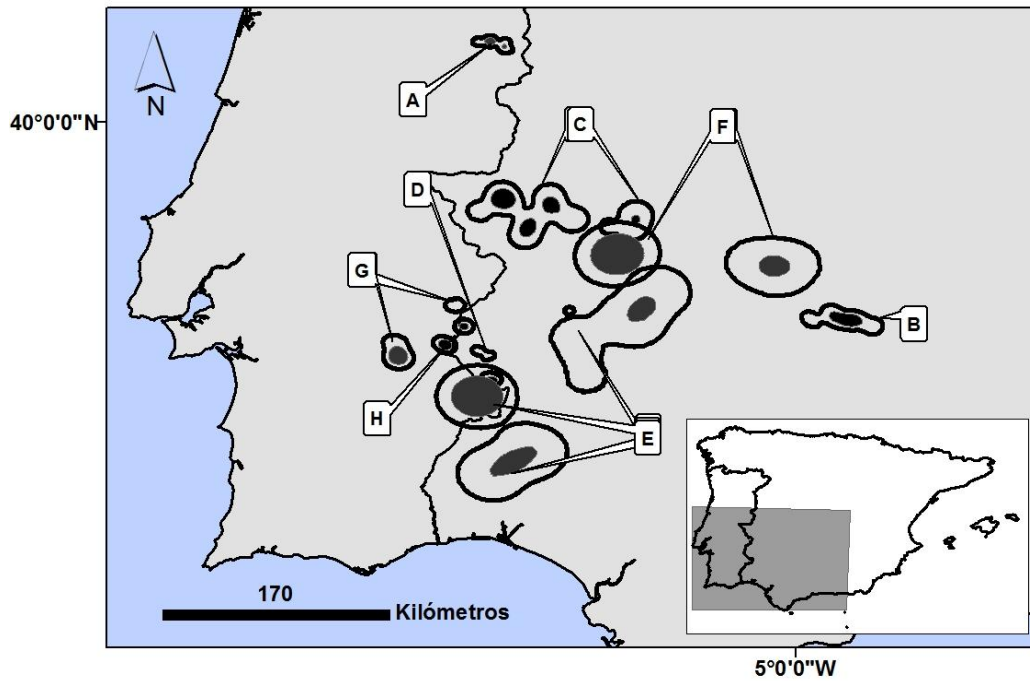


Figura 2.2. Kernels adaptativos con áreas corazón al 50% y áreas globales al 90% obtenidas a partir de la densidad de las localizaciones adecuadas obtenidas durante el periodo postreproductivo de las cigüeñas negras ibéricas. A: *Espartero*; B: *Caridad*; C: *Lavandula*; D: *Negrita*; E: *Lua Nova*; F: *Fe*; G: *Venâncio*; H: *Nerium*.

Las cigüeñas negras ibéricas empezaron la migración otoñal entre mediados de septiembre y principios de octubre (Tabla 2.2).

Tabla 4.2. Datos de migración otoñal y primaveral de 9 cigüeñas negras seguidas por satélite desde la península ibérica a África. Ind.= individuo, PT= Portugal, ES= España, Ot. = otoño, Pr. = primavera, km= kilómetros, d = día, Ad = Adulto, IN = Inmaduro, Juv.= Juvenil, Sep. = septiembre, Oct. = octubre, Nov. = Noviembre, Feb. = febrero, Abr.= abril, - = Sin dato. Nota: *Muerto durante la migración por iberia. S.E. = error estándar

País/ind./edad/año	Fechas seguimiento (dd/mm- dd/mm)	Comienzo migración (Ot. - Pr.)	Fecha cruce estrecho Gibraltar	OTOÑO			Día comienzo invernada	PRIMAVERA		
				Días migración Ot. (días parada)	Distancia total Ot. (km)	Velocidad migración Ot. (Km/d)		Días migración Pr.	Distancia total Pr. (km)	Velocidad migración Pr. (Km/d)
PT/Nerium/Juv/2003	13/07-31/10	10 Oct.	-	12*	*	-	-	-	-	-
PT/Lavandula/Juv/2003-04	20/7-18/06	24 Sep. – 15 Abr.	03 Oct.	43 (17)	3.537	82	06 Nov.	-	-	-
PT/Negrita/Juv/2004	24/07-12/11	27 Sep.	27 Sep.	15 (3)	3.045	203	12 Oct.	-	-	-
PT/Lua Nova/Juv/2004	13/08-01/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PT/Venâncio/Juv/2006	04/07-20/10	24 Sep.	24 Sep.	18	2.552	232	05 Oct.	-	-	-
ES/Esperanza/Im/2005-06	29/06-16/06	13 Sep – 27 Feb.	13 Sep.	17	3.821	212	30 Sep.	18	3.974	220
ES/Espartero/Ad/2005	30/06-29/01	12 Sep.	15 Sep.	25	7.164	287	07 Oct.	-	-	-
ES /Caridad/Juv/2007	07/08-22/10	02 Oct.	05 Oct.	13	3.169	244	15 Oct.	-	-	-
ES /Fe/Juv/2008-09	4/09-16/11	21 Sep. – 24 Abr. 12 Sep.	23 Sep. 16 Sep.	16 15	2.992 3.108	187 207	07 Oct. 26 Sep.	18 -	3.339 -	186 -
Media ± SE				19,5 ± 3,6	3.673,5 ± 516	208.6 ± 21		18	3.656,5 ± 317,5	203 ± 17,6



Algunas ($n = 3$) cruzaron el estrecho de Gibraltar el mismo día en el que iniciaron la migración. Las rutas de vuelo variaron entre individuos, pero la mayoría sobrevolaron la cordillera del Atlas en Marruecos, cruzaron el Sahara y llegaron al cuadrante occidental del Sahel (Figura 2.1). *Espartero*, el único adulto de este estudio, voló más de 7.000 km desde su área postreproductiva en Guarda (Portugal) a la República del Chad, 3.500 km más que la distancia media obtenida con los datos proporcionados por todas las cigüeñas consideradas en este estudio (media \pm error estándar, $3.673,5 \pm 516$ km, $n = 7$ aves, $n = 8$ rutas de vuelo). Casi todas las cigüeñas negras volaron hasta el Sahel sin ninguna parada en dos o tres semanas (media \pm error estándar, $19,5 \pm 3,6$ días, $n = 8$ rutas de vuelo). Sin embargo dos individuos invirtieron más tiempo en la migración otoñal porque realizaron escalas en distintas masas de agua: *Lavandula* pasó 17 días de escala en dos paradas. La primera fue en una charca en la provincia de Cádiz (España) durante 3 días, y la segunda, 14 días en un embalse cerca de *Fes al Bali*, norte de Marruecos. *Negrita* descansó en distintos lagunazos en *Diré and Kalango* (Mali), antes de llegar finalmente a su lugar de invernada, a 200 km de esta área. Las cigüeñas negras llegaron a Senegal ($n = 4$), Mauritania ($n = 1$), Mali ($n = 1$) y República del Chad ($n = 1$; Figura 2.1). Aquellas cigüeñas que sobrevivieron todo el invierno, estuvieron cerca de seis meses en África. Los movimientos migratorios primaverales de las dos cigüeñas que regresaron a la península ibérica (*Fe* y *Esperanza*) siguieron rutas muy similares a sus rutas otoñales. *Esperanza*, reproductor potencial en ese momento, empezó la migración antes (27 de febrero) que *Fe* (24 de abril), ave de segundo calendario. *Esperanza* llegó a la península ibérica a la misma zona en la que fue capturada como inmaduro, mientras que *Fe* se estableció en un área localizada a 165 km del nido donde nació.

DISCUSIÓN

Las cigüeñas no mostraron un único patrón en sus movimientos postreproductivos en la península ibérica. Algunas aves realizaron amplios y erráticos movimientos en contra de la clásica idea que se tiene acerca de la especie es sedentaria en esta época formando asambleas locales (Álvarez *et al.* 1993, Ferrero *et al.* 1993).

Respecto a la migración, las cigüeñas negras ibéricas mostraron rutas migratorias similares a otras poblaciones europeas. En la migración otoñal la distancia recorrida por las cigüeñas ibéricas fue menor que la distancia recorrida por las aves de las poblaciones de Francia/Luxemburgo/Bélgica (media \pm error estándar, 4.307 ± 325 km, $n = 16$; Chevallier *et al.* 2011) y República Checa (media 5.667 km; Bobek *et al.* 2008) migrando hasta el Sahel. Hay, además, algunas diferencias en las fechas de salida desde las áreas postreproductivas. Mientras las aves ibéricas están en áreas más o menos vecinas o cercanas a las áreas de nidificación después de la reproducción, incluso en septiembre (Tabla 2.2), las poblaciones centroeuropeas ya han empezado los movimientos otoñales de migración en agosto (ver capítulo 3), sobrevolando el oeste de Europa hasta alcanzar la península ibérica. Como las cigüeñas negras centroeuropeas (Bobek *et al.* 2008), los individuos no siguen la costa atlántica para llegar hasta el Sahel (a pesar de la presencia de algunas lagunas litorales a lo largo de la costa entre Marruecos y Senegal), sino que vuelan tierra adentro cruzando montañas y cordilleras (p. ej. el Atlas) antes de atravesar el desierto del Sahara (Figura 2.1). El seguimiento de aves ibéricas además reveló algunos patrones interesantes. El extremo más oriental de los cuarteles de invierno de la población occidental de cigüeñas negras se había establecido en los 4° de longitud este (Jadoul *et al.* 2003b). Sin embargo, *Espartero* (el único adulto seguido en este estudio) migró hasta los 18° de longitud este (hasta el lago Fitri y la Zona de Especial Protección para las Aves TD007 Binder Leré, en la República del Chad), una importante área de alimentación e invernada para otras aves que, como la cigüeña blanca *Ciconia ciconia*, se mueven a lo largo del Sahel (Berthold *et al.* 2001). Esto muestra claramente que cigüeñas negras que vuelan a lo largo de la ruta migratoria occidental pueden alcanzar los cuarteles de invierno de las poblaciones orientales que migran por el estrecho del Bósforo. Se ha observado un comportamiento similar pero en dirección opuesta en cigüeñas negras orientales que también alcanzan los cuarteles de invierno más occidentales (Bobek *et al.* 2008).

Estudio comparado de la migración y distribución invernal de las cigüeñas negras *Ciconia nigra* que pasan por el estrecho de Gibraltar

“De todo lo dicho puede razonablemente presumirse que sean muy pocas las cigüeñas negras europeas extra-ibéricas que todavía migran hasta o por la Península Ibérica”.

Profesor Bernis, 1980. La Migración de las Aves en el Estrecho de Gibraltar. Vol 1: Aves Planeadoras.



Este capítulo reproduce el artículo:

Cano, L.S. y Tellería, J.L. 2012. Migratory movements and winter distribution in Africa of Iberian and Central European Black Storks (*Ciconia nigra*): a comparative study. *Journal of Avian Biology*. doi: 10.1111/j.1600-048X.2012.05824.x



3

Estudio comparado de la migración y distribución invernal de las cigüeñas negras *Ciconia nigra* que pasan por el estrecho de Gibraltar

INTRODUCCIÓN

La cigüeña negra *Ciconia nigra* cría a lo largo del Paleártico, y presenta una pequeña subpoblación en la parte meridional de África (Del Hoyo *et al.* 1992). La población europea está compuesta por una subpoblación que se distribuye ampliamente desde los países bálticos por el noreste hasta el centro de Francia e Italia por el suroeste, y por otra pequeña y aislada en el extremo occidental del Paleártico. Como en otras especies de aves migradoras, en Europa presenta una migración dividida “*migratory divide*” (Berthold 1993) que discurre a lo largo de Alemania, República Checa y Hungría. Las cigüeñas del este migran por el estrecho del Bósforo y las del oeste por el de Gibraltar para, en ambos casos, invernar en el Sahel (Bobek *et al.* 2008). Seguimientos por satélite de cigüeñas negras europeas han puesto de manifiesto las rutas occidentales de las poblaciones de la República Checa, Bélgica, Luxemburgo y Francia, así como su distribución en el Sahel (Bobek *et al.* 2008, Jadoul *et al.* 2003b, Chevallier *et al.* 2011). Recientes seguimientos satelitales de individuos ibéricos (capítulo 2) hacen posible comparar los movimientos migratorios de las cigüeñas centroeuropeas con los desplazamientos realizados por las ibéricas.

Este trabajo explora las diferencias potenciales en los viajes migratorios y las áreas de invernada de las subpoblaciones centroeuropea e ibérica de cigüeña negra. La subpoblación ibérica está más cercana al Sahel que la centroeuropea, un rasgo que podría afectar a sus programas migratorios (Alerstam *et al.* 2003). Obviamente, no se pueden comparar los movimientos de las dos subpoblaciones a través de Europa puesto

que las aves ibéricas se desplazan a África desde el extremo sur del continente. Sin embargo, ambas subpoblaciones se encuentran en el estrecho de Gibraltar y, desde este punto, atraviesan el norte de África y el Sahara. En este trabajo se analizan las posibles diferencias entre las dos subpoblaciones de cigüeña negra en los siguientes tres aspectos de sus programas migratorios:

Fenología de partida y llegada

Es posible que las subpoblaciones de cigüeñas negras ibéricas y centroeuropeas presenten diferencias en las fechas de partida de sus áreas de nidificación y de llegada a sus cuarteles de invierno en África. Se puede predecir que, dada la menor distancia que tienen que cubrir las aves ibéricas, llegarán antes a las áreas de invernada en el Sahel. Esto podría beneficiar a estas aves de acuerdo con la hipótesis de la “llegada temprana” (“*early arrival*”) que sugiere ventajas para aquellas aves que llegan primero al permitirles elegir los mejores lugares de invernada (Kokko 1999). Alternativamente, puede sugerirse que las dos poblaciones ajustarán las fechas de partida para alcanzar las áreas de invernada simultáneamente, justo después del monzón estival, cuando el Sahel se cubre de cuerpos de agua apropiados para la especie (Zwarts *et al.* 2009). Si así fuera, las cigüeñas negras centroeuropeas empezarían la migración antes que las ibéricas para pasar juntas el estrecho de Gibraltar y llegar al Sahel simultáneamente.

Movimientos migratorios

Estudios anteriores han revelado que la velocidad de la migración en aves no es constante, que las aves diseñan sus movimientos y viajes migratorios acorde con las distancias entre los cuarteles de reproducción e invernada, las condiciones meteorológicas, la disponibilidad de áreas de parada y descanso adecuadas, y la recurrente necesidad de reponer energía para la migración “*re-fuelling*” (Fuller *et al.* 1998, Klaassen *et al.* 2008). Los movimientos migratorios de las cigüeñas negras parece que se ajustan a la disponibilidad de alimento y las condiciones meteorológicas (Chevallier *et al.* 2011). Puede predecirse que las dos subpoblaciones desarrollarán estrategias similares (por ejemplo velocidad, paradas, etc.) desde la península ibérica



hasta llegar al Sahel. Alternativamente, se puede proponer que diferirán en sus movimientos sobre el norte de África. Según este planteamiento, los individuos ibéricos pudieran estar en mejores condiciones corporales después de pasar un largo periodo postreproductivo en áreas cercanas a las de cría (ver capítulo 2). Y en ese supuesto, podrían llevar a cabo vuelos migratorios más rápidos a través de la arriesgada y extensa travesía que supone sobrevolar el desierto del Sahara (Strandberg *et al.* 2010, Chevallier *et al.* 2010a).

Distribución invernal

Por último, ambas subpoblaciones pueden mostrar una distribución intercalada en las áreas de invernada en el Sahel donde buscan las masas de agua idóneas para su supervivencia (Chevallier *et al.* 2010b, Jiguet *et al.* 2011). Este patrón se observará si todos los individuos que cruzan el estrecho de Gibraltar se dirigen hacia la mitad occidental del Sahel donde rastrearán conjuntamente los sitios más adecuados en un contexto de cambios temporales en la disponibilidad de recursos hídricos (Zwarts *et al.* 2009). Sin embargo, dado que las cigüeñas negras muestran un comportamiento filopátrico por las áreas de invernada (Jadoul *et al.* 2003b, Bobek *et al.* 2008), es posible que las diferentes subpoblaciones ocupen diferentes sectores del Sahel, con las aves procedentes del centro de Europa ubicándose en los cuarteles de invierno más orientales, que es donde se establecen las aves centroeuropeas que migran a través del estrecho del Bósforo (Bobek *et al.* 2008).

MATERIAL Y MÉTODOS

Origen, marcaje y edad de los individuos

La primera parte del estudio se llevó a cabo usando los datos en bruto de distintos seguimientos de cigüeñas negras por satélite proporcionados por 14 cigüeñas negras marcadas en Portugal (3), España (4), Francia (2), Luxemburgo (2), Bélgica (1) y

República Checa (2) entre 2003 y 2009 (Tabla 3.1). Estos datos han sido proporcionados por el Proyecto *Flying Over Natura 2000* y otros proyectos ibéricos (<http://seguimentodeaves.domdigital.pt/>, Doval et al. 2009), y han sido re-analizados para los propósitos de este estudio. Cinco pollos fueron equipados en el nido con emisores GPS/Argos PTTs-100 70 g de la empresa *Microwave Telemetry* (USA) en diferentes lugares de la península ibérica entre 2003 y 2008. Los emisores fueron programados para emitir datos cada 2 y 3 horas del periodo diario de luz en Portugal y España respectivamente. Nueve adultos o subadultos fueron marcados en 2005 con emisores convencionales PTTs-60 g de la empresa *Northstar Science* (USA) dentro del proyecto *Flying Over Natura 2000*. Las señales de esos emisores PTTs fueron interceptadas por satélites NOAA y posteriormente los datos obtenidos fueron gestionados por CLS Argos (Argos 1996). A partir de la exactitud de las localizaciones, Argos las clasificó en siete categorías (3, 2, 1, 0, A, B y Z), y se utilizó para este estudio solo las de mayor precisión (categorías 3, 2, 1 y 0, Argos 1996, Hays et al. 2001). Localizaciones de categoría 0 fueron incluidas siguiendo el criterio descrito en el capítulo 2. Las localizaciones de las cigüeñas marcadas fueron georreferenciadas con el programa de Sistema de Información Geográfica ArcGIS® 9.2. Desafortunadamente, estos datos fueron insuficientes para explorar la migración primaveral de las dos poblaciones porque solo dos de las siete cigüeñas negras ibéricas completaron esta migración de vuelta a las áreas de reproducción.

En una segunda aproximación, se aumentó el tamaño de muestra con otros 14 individuos marcados con emisores satelitales mediante la recopilación de toda la información publicada sobre migración y distribución invernal de cigüeñas negras europeas (ver más abajo). Además, se abordó el problema de que casi todos los individuos ibéricos marcados eran pollos mientras los centroeuropeos eran adultos. Es sabido que adultos y juveniles migran juntos (Bobek et al. 2008) y se reúnen en las paradas migratorias y las áreas de invernada (Parkes y Torés 2003, Bossche 2003, Moreno-Opo et al. 2011), por lo que se presume un mínimo efecto del sesgo debido a la edad en la distribución de las poblaciones. Sin embargo, para solventar la diferencia en las edades entre las poblaciones estudiadas, se buscó información adicional para



explorar el comportamiento migratorio de juveniles centroeuropeos que migraron a través del estrecho de Gibraltar (ver más abajo).

Movimientos migratorios

Se definió la fecha de partida como el día en que se inicia un movimiento direccional lejos del sitio postreproductivo. El día de llegada al área de invernada como el último día de movimiento migratorio, justo antes de iniciar el periodo de invernada.

Se obtuvieron 15 itinerarios adecuados para describir los vuelos migratorios desde las áreas de reproducción en Europa a África (Tabla 3.1). Siguiendo a Bobek *et al.* (2008) se establecieron los siguientes parámetros migratorios: *migración otoñal*; punto donde se inicia un movimiento direccional desde el área postreproductiva hasta el punto en que cada cigüeña negra deja de moverse a largas distancias en el Sahel. El periodo de invernada se contó desde el día posterior de llegada a los sectores de invernada. Se consideró como *distancia migratoria* (km) a la cubierta desde las áreas postgenerativas a las de invernada; los *días de viaje* (d) como el número de días con movimientos direccionales en donde los días de parada migratoria no fueron contabilizados; los *días de parada migratoria*, aquellos en los que las cigüeñas descansaron en un sitio determinado (un área de descanso fue aquella área en el que las cigüeñas estuvieron al menos 3 días moviéndose menos de 100 km por día durante la migración otoñal); la *duración de la migración* (d), fue el número total de días invertidos en el viaje migratorio (incluyendo los días *de parada migratoria*); *velocidad de migración*, la distancia migratoria (km) dividida entre el número de días invertidos en el viaje migratorio (duración de la migración); y, finalmente, la *velocidad de viaje*, definida como la distancia de migración (km) dividida entre el número de días de viaje. Todos estos parámetros fueron recalculados desde el estrecho de Gibraltar para comparar el comportamiento migratorio entre las cigüeñas negras ibéricas y centroeuropeas (Tabla 3.2). Para aumentar el tamaño de muestra, se incluyeron los datos publicados de seis itinerarios a África procedentes de tres cigüeñas negras checas a través del estrecho de Gibraltar (Bobek *et al.* 2008; website *Africká Odyssey*: http://rozhlasy.cz/capi/resume_e.htm; Tabla 3.1). Una cigüeña ibérica (*Fe*) y otra

centroeuropea (*Krystina*) fueron seguidas durante dos y cuatros migraciones otoñales consecutivas respectivamente. Se usaron esos datos como eventos independientes en los análisis ya que los individuos suelen variar sus movimientos migratorios entre años (Hake *et al.* 2003, Alerstam 2006).

Distribución invernal

Se calculó la media de los centros geográficos de los registros de invernada para cada uno de los 14 individuos marcados con emisores mediante la herramienta “*mean centre*” de “*Spatial Statistic Tool*” del programa ArcGIS® 9.2. Además fueron incluidas aquellas posiciones de reproducción e invernada de las tres cigüeñas checas utilizadas anteriormente para explorar los itinerarios (ver arriba), además de información publicada de la posición en verano e invierno de siete aves marcadas en el centro de Europa, cuatro de ellas correspondientes a aves juveniles (http://www.wildlifetracking.fr/pages/cigognes_noires.html, Chevallier *et al.* 2011). Finalmente, para una visión completa de la distribución de las poblaciones migradoras a lo largo del Sahel (aves ibéricas, aves centroeuropeas que migran por la ruta occidental y aves centroeuropeas que utilizan la ruta oriental), se incluyeron las posiciones de reproducción e invernada de otras cuatro aves checas (*Viktor*, *Zuzana*, *Oskar* y *Jakub*; ver Bobek *et al.* 2008 y *Africká Odysea* 2011) que migraron por la ruta del este. Hubo cuatro casos (una cigüeña negra ibérica –*Fe*– y tres checas –*Zuzana*, *Krystina* y *Kristof*–), que proporcionaron datos para más de una invernada. En este caso, y dado que las cigüeñas negras son filopátricas a las áreas de invernada en el Sahel (Jadoul *et al.* 2003b, Hourlay 2003), se calculó la media del centro geográfico interanual para cada individuo para evitar pseudoréplicas (Hake *et al.* 2003, Alerstam 2006). Para este propósito, se recopilaron las áreas de reproducción e invernada de 25 cigüeñas negras, difiriendo en origen, edad, y rutas migratorias para obtener una amplia visión de conjunto de su distribución en el Sahel (Tabla 3.3).



Análisis de los datos

Se realizaron análisis de ANOVA de una vía y regresiones lineales para explorar las diferencias entre las poblaciones ibérica y centroeuropea. Todos los análisis fueron realizados usando la versión 7.0 de STATISTICA para *Windows* (StatSoft 2004).

RESULTADOS

Fechas de partidas y llegadas

Las cigüeñas negras centroeuropeas empezaron sus movimientos migratorios antes (media \pm error estándar, 5 Septiembre \pm 6 d; $n = 13$; Tabla 3.1) que las aves ibéricas (media 20 Septiembre \pm 3 d; $n = 8$). Esta diferencia media (15 días) en las fechas de partida de las áreas de postreproductivas muestran una diferencia marginal entre poblaciones ($F_{1, 19} = 3,8$; $p = 0,060$; Figura 3.1). Esta diferencia temporal queda reducida a cinco días cuando se atraviesa el estrecho de Gibraltar (media \pm error estándar 23 septiembre \pm 3 d; $n = 8$ para las cigüeñas ibéricas y 28 septiembre \pm 4 d; $n = 13$ para el resto de cigüeñas; $F_{1,17} = 0,786$; $p = 0,387$), y siete días en la llegada a las áreas de invernada (media 9 octubre \pm 4 d; $n = 8$ para las ibéricas y 16 octubre \pm 3 d; $n = 13$ para las cigüeñas centroeuropeas; $F_{1,19} = 1,51$; $p = 0,230$).

Tabla 3.1. Parámetros migratorios de cigüeñas negras desde las áreas de reproducción en Europa a las áreas de invernada en el Sahel. Los asteriscos indican información obtenida de Bobek *et al.* (2008) y *Africká Odysea*: http://rozhlasy.cz/capi/resume_e.htm. Ind: nombre de la cigüeña. Juv: Juvenil (primer año calendario). PT: Portugal. SP: España. FR: Francia. BE: Bélgica. LU: Luxemburgo. CZ: República Checa, Ad: Adulto. In: Inmaduro (Segundo año calendario). d: días. N: Número. E.S.: error estándar.

País/ind./edad/año	Inicio migración	Migración d	Días de viaje d - paradas d	Distancia (km)	Velocidad migración (km/d)	Velocidad de viaje (km/d)
Subpoblación ibérica						
PT/Lavandula/Juv/03	24 Sep.	43	26-17	3.537	82	136
PT/Negrita/Juv/04	27 Sep.	15	13-0	3.045	234	234
PT/Venâncio/Juv/06	24 Sep.	11	11-0	2.552	232	232
SP/Esperanza/In/05	13 Sep.	18	18-0	3.821	212	212
SP/Espartero/Ad/05	12 Sep.	25	25-0	7.164	287	287
SP/Caridad/Juv/07	02 Oct.	13	13-0	3.169	244	244
SP/Fe/Juv/08	21 Sep.	16	16-0	2.992	187	187
SP/Fe/In/09	12 Sep.	15	15-0	3.108	207	207
Media ± E.S.		19,5 ± 3,6	17,1 ± 1,9	3673,5 ± 516	210,6 ± 21,1	217,3 ± 15,6
Subpoblación centroeuropea						
FR/Danny/Ad/05	04 Sep.	19	12-7	3.935	207	328
FR/Joséphine/Ad/05	25 Sep.	21	16-5	4.251	202	267
BE/Anne/Ad/2005	18 Sep.	52	27-25	5.507	106	204
LU/Lou/Ad/2005	17 Sep.	33	24-9	7.107	215	296
LU/Julien/Ad/05	17 Sep.	18	18-0	5.615	312	312
*CZ/Kristyna/Ad/95	16 Sep.	28	21-7	6.248	223	298
*CZ/Kristyna/Ad/96	26 Ag.	62	62-0	6.223	100	100
*CZ/Kristyna/Ad/97	6 Sep.	40	40-0	6.189	155	155
*CZ/Kristyna/Ad/98	18 Sep.	35	28-7	6.389	183	228
*CZ/Martin/Ad/97	21 Ag.	65	65-0	5.933	91	91
*CZ/Kristof/Ad/99	04-Sep.	54	43-11	6.302	117	147
CZ/Dalibor/Ad/05	12 Sep.	26	26-0	5.625	216	216
CZ/Eliska/Ad/05	01 Jul.	98	65-33	6.394	65	98
Media ± E.S.		42,4 ± 6,4	34,3 ± 5,2	5.824,5 ± 243,2	168,7 ± 19,4	210,7 ± 23,8

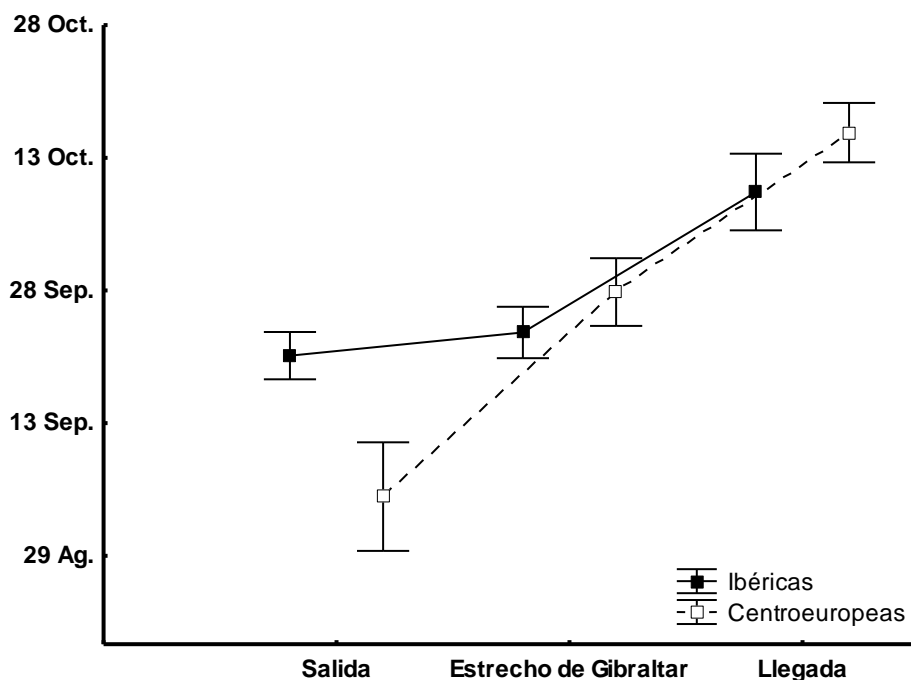


Figura 3.1. Fenología migratoria de las poblaciones ibérica y centroeuropea de cigüeña negra. Se dan las medias (\pm error estándar) de las fechas de salida, paso por el estrecho de Gibraltar y llegada a los cuarteles de invierno. Ag.: agosto. Sep.: septiembre. Oct.: octubre.

Desplazamientos migratorios

La *distancia migratoria* media al Sahel fue más corta en cigüeñas ibéricas que en cigüeñas centroeuropeas ($F_{1, 19} = 18,09$; $p < 0,001$; Tabla 3.1). Patrones similares fueron obtenidos en la *duración de la migración* ($F_{1, 19} = 7,19$; $p < 0,05$) y en el *número de días de viaje* ($F_{1, 19} = 6,2$; $p < 0,05$; Tabla 3.1). Sin embargo no se encontraron diferencias significativas cuando se consideró la *distancia migratoria* media desde el estrecho de Gibraltar a las áreas de invernada en el Sahel ($F_{1, 13} = 0,26$; $p > 0,05$), la *duración de la migración* ($F_{1, 18} = 0,25$; $p = 0,377$), la *velocidad de migración* ($F_{1, 13} = 0,56$; $p = 0,532$) o el *número de días de viaje* ($F_{1, 13} = 0,07$; $p = 0,980$; Tabla 3.2). Las paradas migratorias fueron frecuentes en los casos de aquellas cigüeñas que volaron sobre Europa hasta la península ibérica (paradas migratorias en Iberia se dieron en ocho de trece itinerarios de viaje para cigüeñas centroeuropeas, Tabla 3.1), pero las dos poblaciones mostraron un patrón similar cuando sobrevolaron África, con muy pocas paradas antes y después de cruzar el desierto del Sahara (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Parámetros migratorios de cigüeñas negras desde el estrecho de Gibraltar hasta las respectivas áreas de invernada en el Sahel. Los asteriscos indican información obtenida de Bobek et al. (2008). Ind: nombre de la cigüeña. Juv: Juvenil (primer año calendario). PT: Portugal. ES: España. FR: Francia. BE: Bélgica. LU: Luxemburgo. CZ: República Checa, Ad: Adulto. In: Inmaduro (Segundo año calendario). d: días. N: Número - : Dato desconocido. E.S.: error estándar.

País/ind./edad/año	Estrecho de Gibraltar	Migración d-parada	Días de viaje d - parada d	Distancia (km)	Velocidad de migración (Km/d)	Velocidad de viaje (Km/d)
Población ibérica						
PT/Lavandula/Juv/03	03 Oct.	34	21-17	3.180	94	151
PT/Negrita/Juv/04	27 Sep.	15	13-0	2.765	184	213
PT/Venâncio/Juv/06	24 Sep.	11	11-0	2.349	214	214
ES/Esperanza/In/05	13 Sep.	18	18-0	3.440	191	191
ES/Espartero/Ad/05	15 Sep.	22	22-0	6.838	311	311
ES /Caridad/Juv/07	05 Oct.	10	10-0	2.414	241	241
ES /Fe/Juv/08	23 Sep.	14	14-0	2.610	186	186
ES /Fe/In/09	16 Sep.	10	10-0	2.474	247	247
Media ± E.S.		16,7 ± 2,8	14,8 ± 1,7	3.258,7 ± 529	208,5 ± 22,2	219,3 ± 17
Población centroeuropea						
FR/Dany/Ad/05	13 Sep.	10	7-3	2.733	273	390
FR/Joséphine/Ad/05	04 Oct.	12	12-0	2.880	240	240
BE/Anne/Ad/2005	21 Oct.	17	17-0	3.215	189	189
LU/Lou/Ad/2005	21 Sep.	29	20-9	5.254	181	263
LU/Julien/Ad/05	23 Sep.	12	12-0	3.649	304	304
*CZ/Kristyna/Ad/95	27 Sep.	17	-	-	-	-
*CZ/Kristyna/Ad/96	15-sep	42	-	-	-	-
*CZ/Kristyna/Ad/97	-	-	-	-	-	-
*CZ/Kristyna/Ad/98	11 Oct.	12	-	-	-	-
*CZ/Martin/Ad/97	14 Oct.	11	11-0	-	-	-
*CZ/Kristof/Ad/99	-	-	-	-	-	-
CZ/Dalibor/Ad/05	21 Sep.	16	16-0	3.569	223	223
CZ/Eliska/Ad/05	18 Sep.	19	19-0	3.807	200	200
Media ± E.S.		18,8 ± 2,8	14,2 ± 1,5	3.586,7 ± 316,1	230,1 ± 17,2	258,5 ± 69.



Distribución invernal

Las cigüeñas negras que migraron a través del estrecho de Gibraltar se distribuyeron por el cuadrante occidental del Sahel, excepto un adulto ibérico (*Espartero*) que realizó un inesperado itinerario hasta alcanzar los cuarteles de invierno típicos para la población del este de Europa (Figura 3.2).

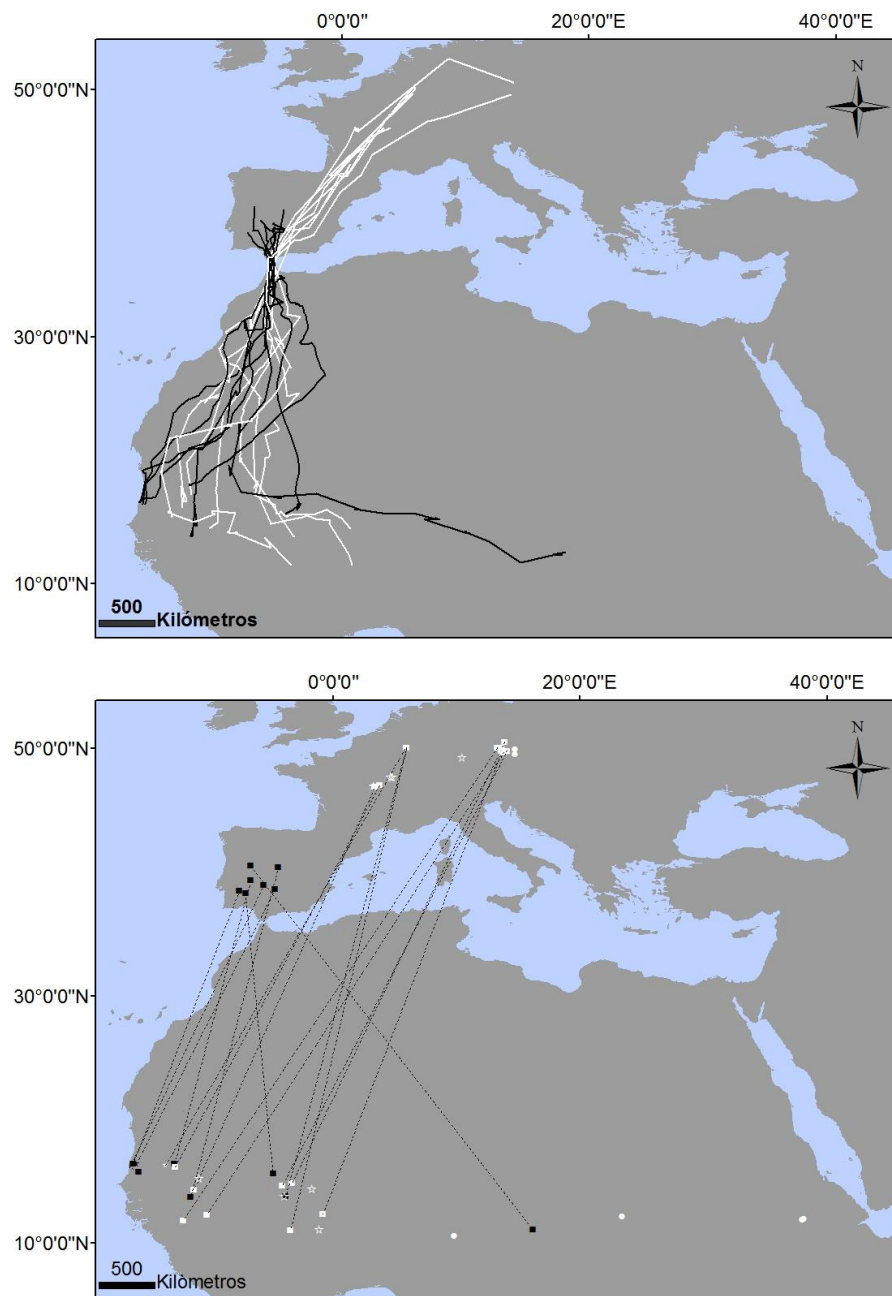


Figura 3.2. Rutas migratorias (arriba) de cigüeñas negras ibéricas (líneas negras) y centroeuropeas (líneas blancas) entre Europa y África. Posiciones (abajo) de los centros geográficos postreproductivos y de invernada de las localizaciones de cigüeñas negras ibéricas (cuadrados negros) y reproductoras centroeuropeas (cuadrados blancos). Líneas discontinuas conectan las longitudes de las posiciones medias de cada cigüeña en Europa y África. Las estrellas blancas representan las localidades generativas y de invernada de cigüeñas negras centroeuropeas no reproductoras (http://www.wildlifetracking.fr/pages/cigognes_noires.html; Chevallier *et al.* 2011). Cuadrados blancos representa las localidades de cría e invernada de cigüeñas centroeuropeas que migran a través de la ruta oriental (Bobek *et al.* 2008).



Tras una inspección visual de los patrones, se analizó si las áreas de reproducción e invernada tenían una distribución paralela (la población más occidental ocupaba los sectores de invernada más occidentales respecto a la población más oriental). Para este fin, se correlacionó las medidas correspondientes a las coordenadas de longitud detectada para cada individuo, tanto en las áreas de reproducción como la de invernada (Tabla 3.3; ver Tellería *et al.* 2009 para una aproximación similar).

Tabla 3.3. Longitud y latitud de los centros geográficos de las localizaciones de las cigüeñas negras en Europa y África durante los periodos postreproductivo y de invernada. Pop: población. Ib: Ave ibéricas. CE: Ave centroeuropea. NR: No reproductor. R: Reproductor. O: ruta migratoria occidental. E: ruta migratoria oriental. Fuentes: 1: ICNF; 2: Cuencas del Sur S.A., 3: proyecto *Flying Over Natura 2000*; 4: Chevalier *et al.* 2011; 5: http://www.wildlifetracking.fr/pages/cigognes_noires.html; 6: Bobek *et al.* (2008); 7: http://rozhlaz.cz/capi/resume_e.htm; 8: Cano y Tellería 2011.

Individuo	Pop/edad/ruta	Longitud Europa (°)	Latitud Europa (°)	Longitud África (°)	Latitud África (°)	Fuente
Lavandula	Ib/NR/O	-6,66	39,40	-12,87	16,48	1
Fe	Ib/NR/O	-5,62	38,99	-16,09	15,94	2
Caridad	Ib/NR/O	-4,70	38,67	-15,95	16,45	2
Negrita	Ib/NR/O	-7,08	38,35	-4,80	15,63	1
Venancio	Ib/NR/O	-7,60	38,53	-16,20	16,48	1
Esperanza	Ib/NR/O	-4,46	40,41	-4,46	13,73	3
Espartero	Ib/R/O	-6,65	40,58	16,22	11,10	3
Daniel	CE/NR/O	4,84	47,72	-1,70	14,40	4 , 8
Gérard	CE/NR/O	4,74	47,66	-3,89	13,85	4
Aurélia	CE?/NR/O	10,50	49,30	-1,10	11,10	4 , 5
Camille	CE?/NR/O	3,31	47,00	-10,81	15,33	4 , 5
Viktor	CE/R/E	13,66	50,10	23,40	12,20	6 , 7
Zuzana	CE/R/E	13,50	50,06	38,10	12,00	6 , 7
Oskar	CE/R/E	14,77	49,95	26,60	5,00	6 , 7
Jakub	CE/R/E	14,77	49,56	9,80	10,60	6 , 7
Eliska	CE/R/O	13,86	50,57	-3,33	14,88	3
Dalibor	CE/R/O	13,63	49,66	-0,83	12,39	3
Lou	CE/R/O	5,94	50,10	-3,45	11,06	3
Anne	CE/R/O	5,93	50,09	-3,88	13,82	3
Julien	CE/R/O	5,86	50,06	-13,54	16,29	3
Josephine	CE/R/O	3,74	47,08	-12,79	16,18	3
Danny	CE/R/O	3,38	46,94	-11,30	14,37	3
Kristyna	CE/R/O	13,8	49,7	-10,24	12,3	6 , 7
Martin	CE/R/O	14,1	49,8	-4,1	14,7	6 , 7
Kristof	CE/R/O	13,3	50,1	-12,1	11,85	6 , 7

Los resultados sugieren una tendencia a la segregación entre las áreas de reproducción y de invernada para todos los individuos estudiados (usando tanto los itinerarios migratorios del este y el oeste de Europa hacia África), incluso considerando el inusual itinerario realizado por *Espartero* (Figura 3.3). La migración otoñal de este



ave distorsionó sensiblemente el patrón considerando los 21 itinerarios estudiados a través del estrecho de Gibraltar ($r = 0,117$; $p = 0,612$; $n = 21$), patrón que se observa repuntado cuando es omitido este individuo del análisis ($r = 0,482$; $p = 0,031$; $n = 20$). Centrando el análisis en aquellos individuos juveniles ibéricos y centroeuropeos que migraron a través del estrecho de Gibraltar, se obtiene un resultado que de nuevo apoya la “*distribución paralela*” de las áreas de reproducción e invernada (Figura 3.3).

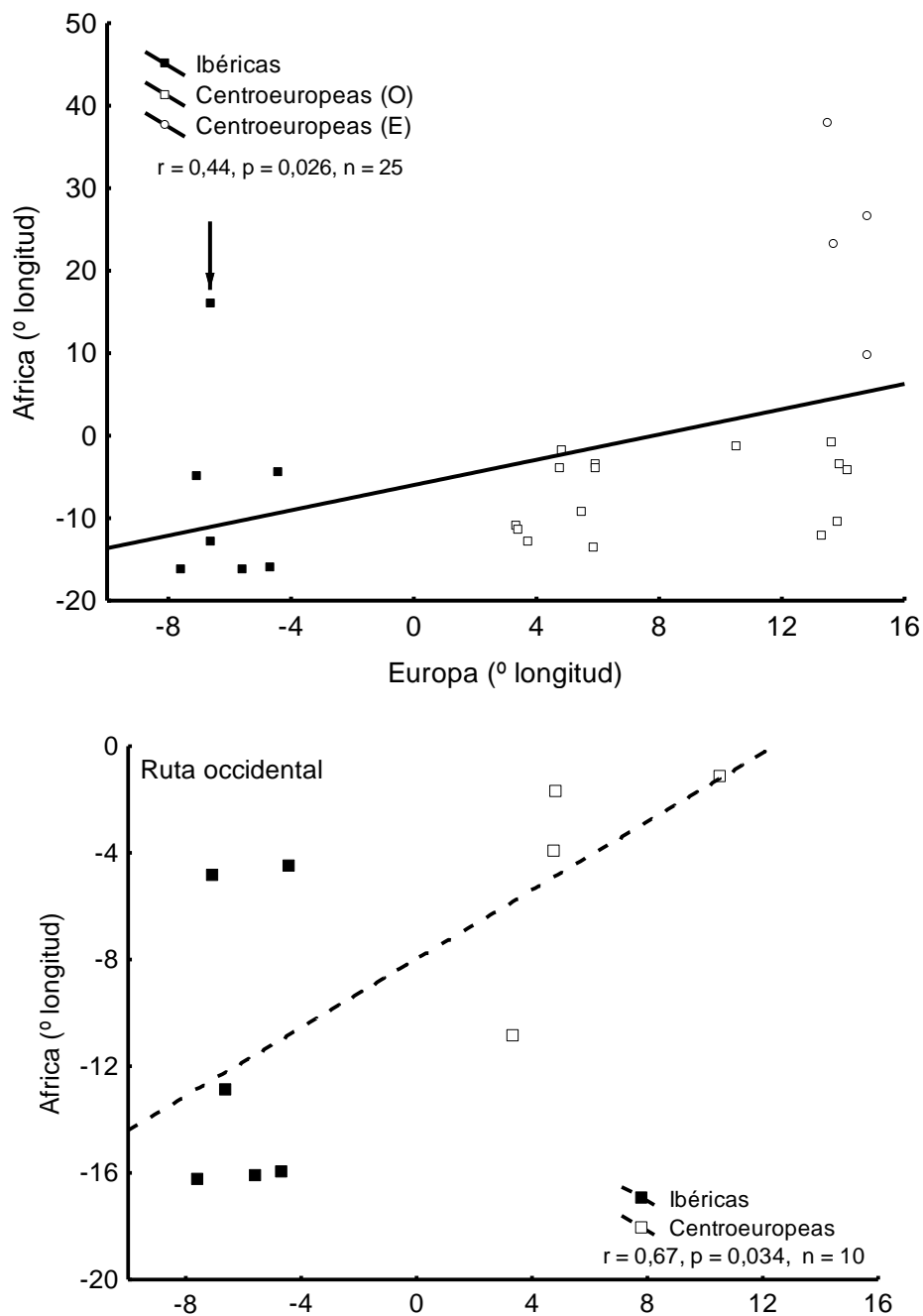


Figura 3.3. Relación entre la distribución longitudinal en las áreas de reproducción y de invernada de cigüeñas negras europeas (arriba). La flecha indica el caso de *Espartero*. Cálculo de la misma relación en individuos no reproductores que migran por el estrecho de Gibraltar (abajo). Cuadrados negros: cigüeñas ibéricas; cuadrados blancos: cigüeñas centroeuropeas que cruzan el estrecho de Gibraltar; círculos blancos: cigüeñas centroeuropeas que cruzan el estrecho del Bósforo.



DISCUSIÓN

Fenología de partidas y llegadas

La migración óptima de cada ave “*Optimal bird migration*” es el resultado de diferentes factores, los cuales determinan tipos de comportamiento y decisiones a lo largo del viaje migratorio (Alerstam 2011). Por ejemplo, el tiempo invertido en la migración parece estar regulado por programas endógenos de las aves que operan en combinación con estímulos y señales espaciales y temporales externas (Gwinner 1996), y que pueden modificar o cambiar el programa temporal heredado bajo presiones selectivas (Pulido 2007). Esta ha sido, de hecho, la primera diferencia detectada entre las dos poblaciones estudiadas puesto que la media de las fechas de partida de las cigüeñas negras europeas a las áreas de invernada es anterior a la de las ibéricas. No obstante, es interesante constatar que las dos subpoblaciones fueron prácticamente sincrónicas en su paso por Gibraltar, un área importante de parada y descanso para las cigüeñas negras europeas migradoras hacia África (Chevallier *et al.* 2011). De este modo, ambas poblaciones cruzan el estrecho de Gibraltar con menores diferencias temporales, siendo la media fenológica de paso de las aves ibéricas algo adelantada respecto a las europeas. El patrón obtenido es apoyado por la distribución unimodal de los individuos observados que cruzan el estrecho, donde el punto álgido de individuos que pasan hacia África ocurre en la segunda semana de septiembre (Sansegundo *et al.* 1994, Fundación Migres 2008, Figura 3.1). Esta sincronía migratoria entre ambas poblaciones desde Iberia se mantiene más o menos en las fechas de llegada al Sahel, por lo que la duración del viaje a través del norte de África es similar para ambas poblaciones (Tabla 3.3). Por tanto, las cigüeñas negras europeas llegan mayoritariamente al Sahel a principios de octubre, sin una diferencia significativa con las aves ibéricas, lo que hubiera podido indicar alguna ventaja en la selección de los sitios de invernada, tal como ha sido sugerido para otras especies (Kokko 1999).

La explicación más plausible para la sincronización en la llegada a los cuarteles de invierno de las cigüeñas pertenecientes a ambas subpoblaciones está relacionada con la selección del mejor momento para el mantenimiento de la especie en el Sahel. Esta

región se encuentra bajo la influencia del régimen de lluvias tropicales septentrionales, que tienen lugar desde junio hasta septiembre. Las cigüeñas negras llegan justo al final de este periodo y, al igual que otras muchas especies, se benefician de la productividad resultante de estas lluvias de verano (Moreau 1972). Sin embargo, en África la cigüeña negra es una especie frecuentemente ictiófaga (Chevallier *et al.* 2008) que selecciona ríos intermitentes con charcas de pequeño tamaño donde es fácil la captura de esas presas (Chevallier *et al.* 2010b). En septiembre, las riberas de los ríos de las zonas bajas y las pozas de riachuelos estacionales empiezan a descender a medida que se secan (Zwarts *et al.* 2009). Al igual que en el caso de las pozas estacionales durante el estío en los ríos mediterráneos ibéricos, el descenso de su nivel de agua ofrece unas condiciones muy adecuadas para la captura de peces (Moreno-Opo *et al.* 2011).

Desplazamientos

Las diferencias geográficas entre Europa y África en la disponibilidad de alimento y las condiciones del clima son los dos principales factores que afectan a la migración y a la velocidad del vuelo en aves migradoras planeadoras (Kjellén *et al.* 2001, Shamoun-Baranes *et al.* 2003, Chevallier *et al.* 2011). En otoño, después de abandonar los sitios de reproducción, las cigüeñas negras se alimentan para preparar el viaje hacia los cuarteles de invierno en África. Las condiciones en esta estación son todavía adecuadas antes de la llegada del invierno. Esto explicaría parcialmente el considerable número de días que invierten las cigüeñas negras en sobrevolar territorio europeo (Tabla 3.1). Especialmente las condiciones parecen adecuadas en el relativamente seco sector suroccidental de la península ibérica, donde numerosas cigüeñas negras coinciden con individuos locales para preparar el tramo de viaje africano (Chevallier *et al.* 2011). A pesar del seco verano mediterráneo, la región está colmada de ríos con pozas y charcas ganaderas salpicadas a lo largo de las dehesas, lo que forman numerosas áreas con disponibilidad trófica para las cigüeñas negras (Moreno-Opo *et al.* 2011). Tras atravesar el estrecho de Gibraltar, ninguna población o segmento poblacional muestra diferencias significativas en la programación del viaje sobre territorio africano, a pesar que los juveniles pueden mostrar travesías más lentas respecto a los adultos cuando volaban sobre Europa (Jadoul *et al.* 2003b, Hourlay



2003). Velocidades más rápidas sobre el Sahara han sido descritas en otras aves planeadoras, reduciéndose así el tiempo que se exponen bajo las duras condiciones del Sahara (Kjellén *et al.* 2001, Shamoun-Baranes *et al.* 2003). La dureza del desierto tiene que ver con la baja probabilidad de encontrar áreas de alimentación (pozas con peces) en los que recuperarse del desgaste energético de la migración y el alto riesgo de deshidratación agravado por los fuertes vientos que crean tormentas de polvo y dificulta la formación de térmicas (Strandberg *et al.* 2010).

Distribución invernal

Los resultados muestran, que a pesar de diferencias interindividuales (por ejemplo el caso del vuelo de *Espartero* hacia el este del Sahel) y la mezcla de poblaciones, las cigüeñas negras ibéricas tendieron a distribuirse en las zonas más occidentales del Sahel, mientras que las centroeuropeas se distribuyeron en sectores más orientales, todas ellas dentro del rango de invernada predicho para las cigüeñas del Paleártico occidental en África (Jiguet *et al.* 2011). Es sabido que poblaciones de diferentes áreas de reproducción o invernada suelen desplazarse en “*corredores*” paralelos, produciendo una segregación longitudinal de las poblaciones (Salomonsen 1955). La distribución en paralelo de las áreas de invernada y reproducción, es de hecho, un patrón común en otras aves en el Sahel (Zwarts *et al.* 2009). No obstante, el aspecto más interesante de la distribución paralela de las cigüeñas negras que cruzan el estrecho de Gibraltar, es que, después de tener que reunirse en el estrecho de Gibraltar para cruzar el Mediterráneo, las aves tienden a desplazarse hacia sectores más orientales u occidentales de acuerdo con su origen (Figura 3.2). Esto obviamente sugiere que la distribución paralela no es un mecanismo que resulta de movimientos paralelos de aves ibéricas y centroeuropeas hacia África, sino el resultado de posteriores movimientos direccionales en busca de unas áreas concretas de invernada. La tendencia de las cigüeñas negras centroeuropeas a distribuirse en los sectores centrales del Sahara podría estar relacionada con algunas características de comportamiento de la especie. Por ejemplo, la filopatría a las áreas de reproducción e invernada es un comportamiento extendido en muchas especies (Greenwood 1980, Robertson y Cooke 1999). Este comportamiento ocurre en cigüeñas negras en el Sahel y ha sido relacionada con un

incremento de la capacidad de los individuos filopátricos de solventar restricciones ambientales dentro de áreas de campeo conocidas (Jadoul *et al.* 2003b, Bobek *et al.* 2008). Esta reorganización de las cigüeñas tras atravesar el Mediterráneo puede ser incluido en el programa migratorio de las dos subpoblaciones estudiadas (Pulido 2007) y, además, pudiera ser reforzado por un aprendizaje resultante del comportamiento de los bandos y la unión de adultos y juveniles durante la migración y la invernada (Parkes y Torés 2003, Bossche 2003). La segregación espacial y los desplazamientos más al este de las aves centroeuropeas pueden estar en relación con la expansión hacia el oeste de la subpoblación reproductora centroeuropea (Jadoul 1994, Jans y Lorge 2003, Villarubias *et al.* 2003). Esto conlleva un incremento del número de individuos que llevan a cabo la migración por la ruta occidental, descartando una “*migración en lazo*” (“*loop migration*”) a África vía el estrecho del Bósforo, para alcanzar los cuarteles de invernada (Fundación Migres 2008).

Perspectivas

Este trabajo demuestra que las cigüeñas negras ibéricas y centroeuropeas que cruzan el estrecho de Gibraltar hacia África difieren en sus fechas de partida y en su distribución en las áreas de invernada, a pesar de que ajustan sus movimientos para alcanzar las áreas de invernada en fechas similares. De hecho, esto sugiere que tienen diferentes programas migratorios resultante de diferentes constricciones que afectan a sus movimientos de larga distancia (Alerstam *et al.* 2003, Alerstam 2011 para una revisión). Estos resultados proporcionan una “instantánea” de un proceso que está ocurriendo en centro Europa, en el que el incremento del número de aves que crían en la zona occidental de la “*migration divide*” está causando un cambio en la ruta migratoria de esta población. De acuerdo con esta interpretación, las cigüeñas negras ibéricas siguen invernando en sus áreas tradicionales mientras que las cigüeñas centroeuropeas, a pesar del creciente número de individuos que usan la ruta migratoria occidental, continúan desplazándose hacia sus ancestrales cuarteles invernales en sectores más orientales del Sahel. Esta interpretación requiere de una mayor investigación sobre el programa migratorio de ambas subpoblaciones, particularmente sobre la manera que



las poblaciones centroeuropeas están cambiando sus rutas migratorias a África. Por ejemplo, podría ser interesante examinar si la abmigración ocurre en cigüeñas negras centroeuropeas, una característica que podría explicar el uso alternativo de la ruta migratoria oriental u occidental por parte de los individuos en busca de sus áreas de invernada convencionales.

Áreas de paradas migratorias y premigratorias de la cigüeña negra *Ciconia nigra* en la península ibérica

“Among them, five stopovers (Monfragüe National Park, Regional Park of Gredos, National Hunting Reserve in Cijara, Natural Park of the Sierra Hornachuelos and Doñana National Park), were used by birds for considerable time periods”.

Chervallier *et al.* 2010. The use of stopover sites by Black Storks (*Ciconia nigra*) migrating between West Europe and West Africa as revealed by satellite telemetry. *Journal of Ornithology*. doi: 10.1007/s10336-010-0536-6





Áreas de paradas migratorias y premigratorias de la cigüeña negra *Ciconia nigra* en la península ibérica

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del seguimiento por satélite no solamente ha permitido conocer las rutas y estrategias migratorias de muchas especies de aves (por ejemplo Alerstam 2006, Higuchi *et al.* 2006), sino dónde tienen sus paradas para descansar y hacer acopio en términos energéticos durante las migraciones. También se ha descubierto el papel clave que juegan estos lugares en la tasa de supervivencia de las poblaciones (Kanai *et al.* 2002, Higuchi y Pierre 2005, Newton 2006). Las condiciones de los hábitats en estos enclaves podría ser un factor determinante en la viabilidad de las poblaciones de estas especies (Calvert *et al.* 2009), especialmente desde que se sabe de la extraordinaria fidelidad que tienen las aves a estas áreas año tras año, incluso más que la mostrada a los itinerarios migratorios entre parada y parada (Alerstam *et al.* 2006). Por consiguiente, es crucial adquirir un buen conocimiento de estos lugares; localizarlos como primer paso, caracterizarlos, saber su estado de conservación y su calidad para elaborar eficientes planes de manejo que consideren este periodo anual tan sensible para las especies migradoras (Berthold y Terrill 1991, Higuchi y Pierre 2005).

La cigüeña negra *Ciconia nigra* es una especie que realiza largos desplazamientos migratorios, y cuyas rutas a lo largo del Paleártico han sido estudiadas desde 1995 (Bobek *et al.* 2003b, 2004, 2008, Jadoul *et al.* 2003a). Recientemente una primera aproximación sobre sus paradas y descansos migratorios ha revelado (Chevallier *et al.* 2011) la importancia de la península ibérica como lugar estratégico

a lo largo de la ruta migratoria occidental; desde sus áreas de reproducción, en Europa, hasta las áreas de invernada, bien en la península ibérica, bien en el Sahel. En esta región pueden coincidir cigüeñas negras que proceden de centroeuropa, y que paran en Iberia para descansar y reponer fuerzas, con cigüeñas ibéricas que están preparándose para migrar a África (ver capítulo 3).

En este capítulo se investiga los lugares de paradas migratorias durante la migración otoñal, en el caso de las aves europeas, y premigratorias en el caso de las aves ibéricas, con la intención de explorar las siguientes cuestiones:

1) Dónde están localizadas las áreas principales de paradas migratorias de las cigüeñas negras centroeuropeas y premigratorias en el caso de las ibéricas. La cigüeña negra muestra un corredor migratorio muy amplio sobre la península ibérica (Madroño *et al.* 1992). Este corredor discurre en dirección noreste-suroeste desde los Pirineos (43°18'N - 1°42'O / 42°23'N – 3°05'E) hasta el estrecho de Gibraltar (36°00'N – 5°35'W), cruzando dos vastas mesetas y ocho cuencas hidrográficas principales (Madroño *et al.* 1992). Chevallier *et al.* (2011) identificó inicialmente hasta 14 lugares de descanso a lo largo de la geografía española a partir de 21 rutas migratorias otoñales realizadas por 16 cigüeñas extra ibéricas. Con datos propios, se investiga si las cigüeñas negras centroeuropeas seleccionan un área particular de la geografía ibérica a lo largo de su corredor migratorio otoñal. Adicionalmente, se intenta comprobar si las cigüeñas de ambas subpoblaciones comparten las mismas áreas y hábitats antes de la migración hacia África porque el corredor migratorio discurre sobre los territorios de reproducción de las aves ibéricas (Madroño *et al.* 1992, ver capítulo 7) y tienen las mismas estrategias y necesidades alimenticias (Petit 2000).

2) Identificar la selección de hábitat y usos del territorio en las áreas de parada y descanso de la especie, para posteriormente realizar un ranking de importancia de dichos hábitats. Chevallier *et al.* (2011) citan como áreas importantes, por ejemplo, el parque regional de Gredos, el *Parque Nacional de Monfragüe*, *Despeñaperros* o el *Parque Nacional de Doñana*, espacios protegidos representados por hábitats muy



dispares. Más allá de la enumeración de una serie de espacios protegidos, en este apartado se aborda el estudio de la selección de los hábitats relevantes que albergan las áreas de parada y descanso antes de emprender el viaje migratorio a África.

Moreno-Opo *et al.* (2011) subrayan las molestias humanas, entre otros, como un factor importante en la selección de las charcas más utilizadas por las cigüeñas negras antes de migrar a África. Por ello, en este apartado se analiza a pequeña escala geográfica el uso del hábitat de las cigüeñas negras teniendo en cuenta ciertos rasgos relacionados con la presencia humana dentro de los hábitats mayormente seleccionados en las áreas de parada y descanso, con la pretensión de identificar algún tipo de respuesta ante esta presencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Origen, marcaje y edad de los individuos

Se reunieron 27 itinerarios migratorios otoñales de cigüeñas negras marcadas entre 1998 y 2010 en Bélgica (4), Francia (11), Luxemburgo (3), República Checa (2) Portugal (3) y España (4) (Tabla 4.1). Estos datos han sido proporcionados por diferentes fuentes (Tabla 4.1), y han sido re-analizados para los propósitos de este estudio. Los datos técnicos sobre el marcaje y procesamiento de los mismos ya han sido expuestos en el capítulo 3 (consultar el apartado *Origen, marcaje y edad de los individuos* del apartado material y métodos). Otras tres cigüeñas negras adultas capturadas en Francia en 2010 fueron equipadas con transmisores Solar-GPS/Argos PTTs-45 g de la empresa *Microwave Telemetry* (USA). 19 adultos o subadultos fueron marcados con emisores convencionales de diferentes pesos (PTTs – 45 - 100 g) de la empresa *Northstar Science* (USA). El tratamiento de los datos obtenidos por los emisores fueron igualmente los mismos a los descritos en el capítulo 3.

Tabla 4.1. FON2000: Proyecto *Flying Over Natura 2000*; Cig. sans front.: Proyecto *Cigognes sans frontiers*; Prg. Interr. Cig. noire: *Programa interregional cigüeña negra 2010-2012 Bourgogne/Champagne-Ardenne*; ICNF: *Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas -Portugal*. Ind: nombre ave, Juv: Juvenil (1^{er} año calendario), Ad: Adulto, In: Inmaduro (2^o año calendario), d: días, - : Sin parada, FR: Francia, BE: Bélgica, LU: Luxemburgo, CZ: Republica Checa, PT: Portugal, ES: España. E.S.: error estándar

Fuente	País/ind/edad/año	Parada/ Pre-migración	Días de parada	MPC (km ²)
Cig. sans front.	FR/ Oasis/ Ad/00	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Asterix/ Ad/00	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Excolibur /In/99	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Gérard/ Juv/98	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Jean Paul/ Ad/99	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Daniel/ Juv/ 99	Si	10 + 3	3458,22+ 112,95
Cig. sans front.	FR/ Elisabeth/ Ad/99	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Marie/ Ad/98	-	-	
Cig. sans front.	FR/ Carole/ Ad/99	-	-	
FON2000	BE/ Anne /Ad/05	Si	10	191,06
FON2000	CZ/ Dalibor/ Ad/05	-	-	
FON2000	CZ/ Eliska/ Ad/05	-	-	
FON2000	FR/ Joséphine/ Ad/05	-	-	
FON2000	FR/ Dany/ Ad/05	-	-	
FON2000	LU/ Lou/ Ad/05	-	-	
FON2000	LU/ Leo/ Ad/05	Si	13	550,50
FON2000	LU/ Julien/ Ad/05	-	-	
Prg. Interr. Cig. noire	FR/ 54621G/ Ad/10	Si	8 + 9	238,27 + 293,78
Prg. Interr. Cig. noire	FR/ 53720G/ Ad/10	Si	7	24,48
Prg. Interr. Cig. noire	FR/ 54645G/ Ad/10	-	-	
Media ± E.S.			8,57±1,17	
ICNF	PT/ Venâncio/ Juv/06	Pre-migración		83
ICNF	PT/ Lavandula/ Juv/03	Pre-migración		384,73
ICNF	PT/ Negrita/ Juv/04	Pre-migración		231,57
FON2000	ES/ Espartero/ Ad/05	<5		
FON2000	ES/ Esperanza/ In/05	<5		
AcuaSur S.A.	ES/ Fe/ Juv/08	Pre-migración		11119,2
AcuaSur S.A.	ES/ Caridad/ Juv/07	Pre-migración		1493,28
Media ± E.S.				695,6 ± 464,6



Periodos premigratorios (aves ibéricas) y de parada migratoria (aves extra ibéricas)

Se consideró el periodo premigratorio para aves ibéricas desde el 1 de septiembre hasta la fecha en el cual se realiza el primer movimiento direccional hacia las áreas de invernada. El inicio del periodo premigratorio fue determinado en función de la fenología migratoria de las subpoblaciones, estudiadas en el capítulo 3. Se consideró como periodo de parada migratoria aquel tiempo durante la migración de aves no ibéricas en el que se desplazaron menos de 100 km diarios durante al menos tres días consecutivos en territorio ibérico (Bobek *et al.* 2008).

Localización de las áreas premigratorias y de parada migratoria

Se desestimaron los dos seguimientos de las dos aves marcadas en España con emisores PTT convencionales por el bajo número de localizaciones fiables durante el periodo pre-migratorio establecido. Para establecer el área de parada y descanso de las aves extra ibéricas, se tuvo en cuenta fundamentalmente que estuvieran el tiempo establecido (mínimo de 3 días), y que hubiera localizaciones fiables durante ese periodo. En ambos casos se calcularon las respectivas áreas mediante el Mínimo Polígono Convexo –MPC- (por ejemplo Russo *et al.* 2005, Martín *et al.* 2010 para una misma aproximación). Los MPCs fueron calculados usando la herramienta *Hawth's tools* v3.27 para ArcGIS® 9.x (Beyer 2004), y posteriormente georreferenciados para ser ubicados espacialmente dentro de la península ibérica usando el programa ArcGIS® 9.2.

Análisis de la selección del hábitat de las áreas premigratorias y de parada migratoria

Se calculó la proporción de los diferentes tipos de hábitats dentro de cada MPC usando el mapa digital *Corine Land Cover 2006* -CLC- (EEA 2011, v15). Se asumió que los hábitats existentes y sus diferentes proporciones dentro del polígono representan los hábitats disponibles para las aves, independientemente que fueran usados o no. Se utilizó el segundo nivel de nomenclatura del CLC para definir los distintos hábitats (EEA 1999). “*Espacios abiertos con poca o ninguna vegetación*” y “*matorrales y/o*

asociación de vegetación herbácea” fueron reagrupados en un mismo tipo: “*áreas semi-naturales*”. Para estudiar la selección del hábitat y hacer un ranking de los hábitat seleccionados se utilizó el análisis composicional descrito por Aebischer *et al.* (1993). Este análisis se basa en la proporción de hábitat usado por cada animal. El análisis composicional utiliza una MANOVA para analizar dos set de datos (*disponibilidad de hábitat y uso*), en donde las variables están representadas como proporciones. Compara por tanto la proporción de las localizaciones (frecuencia) de una determinada ave que se encuentra en un determinado hábitat (uso del hábitat) dentro de los distintos tipos de hábitats existentes (disponibilidad de hábitat) en un área dada (en este caso, cada MPC). En aquellos casos donde el uso o disponibilidad de hábitat fuera 0%, se reemplazó por el valor 0,01% (Aebischer *et al.* 1993). Para todos los test estadísticos, los valores de probabilidad igual o inferiores a 0,05 se consideraron significativos.

Análisis del uso del hábitat a pequeña escala geográfica

En primer lugar se utilizó el tercer nivel de nomenclatura del CLC para segregar los cursos fluviales de las masas de agua. Seguidamente se utilizó el Sistema de Información del Agua (SIA) desarrollado bajo la Directiva Marco del Agua (DMA) europea (2000/60/CE) para la caracterización tipológica de los distintos cursos fluviales seleccionados por las cigüeñas negras antes de emprender el vuelo a África. Dado el diferente criterio y nomenclatura seguidos en España (MMA 2005) y Portugal (INAG I.P. 2008) para definir los distintos tipos de cursos fluviales en función de sus características abióticas, se eligió la nomenclatura empleada en España para la caracterización de los cursos de agua, basado en el sistema B definido en la DMA (2000/60/CE). Se usó la cartografía digital desarrollada dentro de la DMA en España (SIA 2005) y Portugal (INAG I.P. 2005) para establecer en qué cursos de agua se encuentran las localizaciones obtenidas de las aves mediante el uso del programa ArcGIS® 9.2. Se analizó concretamente qué tipos de cursos de agua fueron seleccionados significativamente por las aves marcadas en las cuencas hidrográficas en donde pararon las aves centroeuropeas o se prepararon para la migración en el caso de las aves ibéricas. Para ello, se llevó a cabo un test Chi-cuadrado. Finalmente, se exploró si las cigüeñas negras usaron tramos concretos de los cursos de agua en función de



supuestas molestias humanas. Se consideraron las distancias mínimas de cada localización de cigüeña negra a núcleos urbanos, infraestructuras lineales (carreteras, autopistas, autovías y ferrocarriles) y embalses. Se generó al azar exactamente el mismo número de puntos como de número de localizaciones existentes dentro de cada MPC usando la herramienta *ArcMap Random Point Generator* (ESRI 2001) para analizar diferencias entre los tramos seleccionados por las cigüeñas negras y los esperados por una selección al azar. Los datos que no se ajustaron a una distribución normal fueron log-transformados. Para los análisis se llevaron a cabo ANOVA de una vía. Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa STATISTICA 7.0 para *Windows* (StatSoft 2004).

RESULTADOS

Áreas premigratorias y de paradas migratorias: distribución geográfica

Cinco cigüeñas negras extra ibéricas (25%, $n = 20$ itinerarios) realizaron siete paradas migratorias (dos de ellas realizaron dos paradas migratorias en territorio ibérico durante la migración postreproductiva) (Tabla 4.1).

Todas las paradas se llevaron a cabo en las cuencas hidrográficas principales más meridionales de la península ibérica, concretamente en la cuenca del Guadiana ($n = 5$), Guadalquivir ($n = 1$) y en el límite entre las cuencas mediterráneas y atlánticas del sur de Andalucía –área de Tarifa ($n = 1$). El tiempo promedio por parada realizada en Iberia por las aves centroeuropeas en la migración otoñal fue de media \pm error estándar $8,57 \pm 1,17$ días por sitio ($n = 7$ sitios), y de media \pm error estándar $12 \pm 1,67$ días por ave ($n = 5$ aves). El promedio de la superficie utilizada como área de parada y descanso fue de media \pm error estándar $695,6 \pm 464,6$ km² ($n = 7$ sitios). Las áreas donde se realizaron las paradas (Figura 4.1) fueron zonas óptimas de alimentación, a excepción de la segunda parada realizada por *Daniel*, que seguramente la realizó debido a las malas condiciones atmosféricas para cruzar el estrecho de Gibraltar.

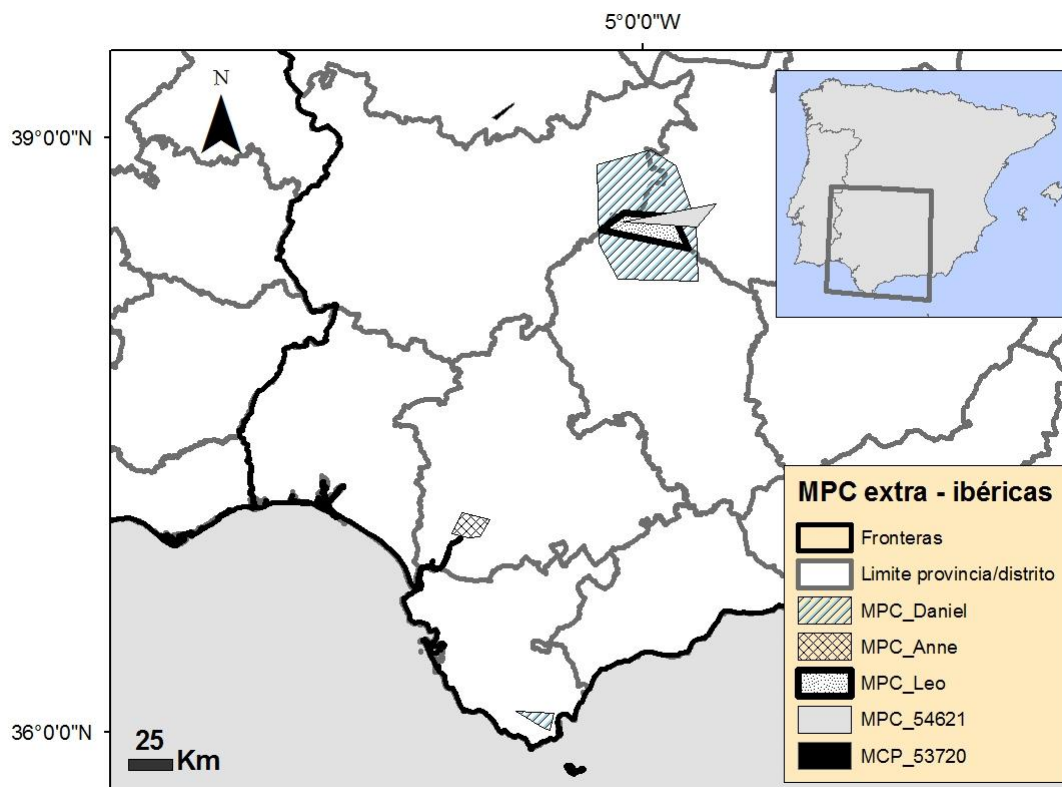


Figura 4.1. MPC: Mínimos Polígonos Convexos de las área de parada y descanso de las aves extra ibéricas.

En cuanto a las aves ibéricas, las áreas premigratorias fueron más extensas respecto a las de parada y descanso. La superficie media obtenida es de media \pm error estándar $2.662,35 \pm 2.128,8 \text{ km}^2$ ($n = 5$). Utilizaron mayoritariamente como áreas premigratorias la cuenca hidrográfica del Guadiana. Solamente dos aves utilizaron parcialmente territorio localizado en las cuencas hidrográficas del Tajo (*Lavándula*; 44,39% de la superficie de su MPC) y del Guadalquivir (*Fe*, el 8,36% de la superficie de su MPC), respectivamente. Dos de las cinco cigüeñas ibéricas fueron marcadas en la cuenca hidrográfica del Guadalquivir, lo que supone que se desplazaron a la cuenca del Guadiana antes de iniciar la migración transahariana (Figura 4.2). Tres aves centroeuropeas (*Leo*, 53621 y *Daniel*) y dos cigüeñas negras ibéricas (*Caridad* y *Fe*) no solo se establecieron en la misma área (región de Alcudia – sierra Morena), sino que además utilizaron los mismos cursos de agua, aunque en años distintos.

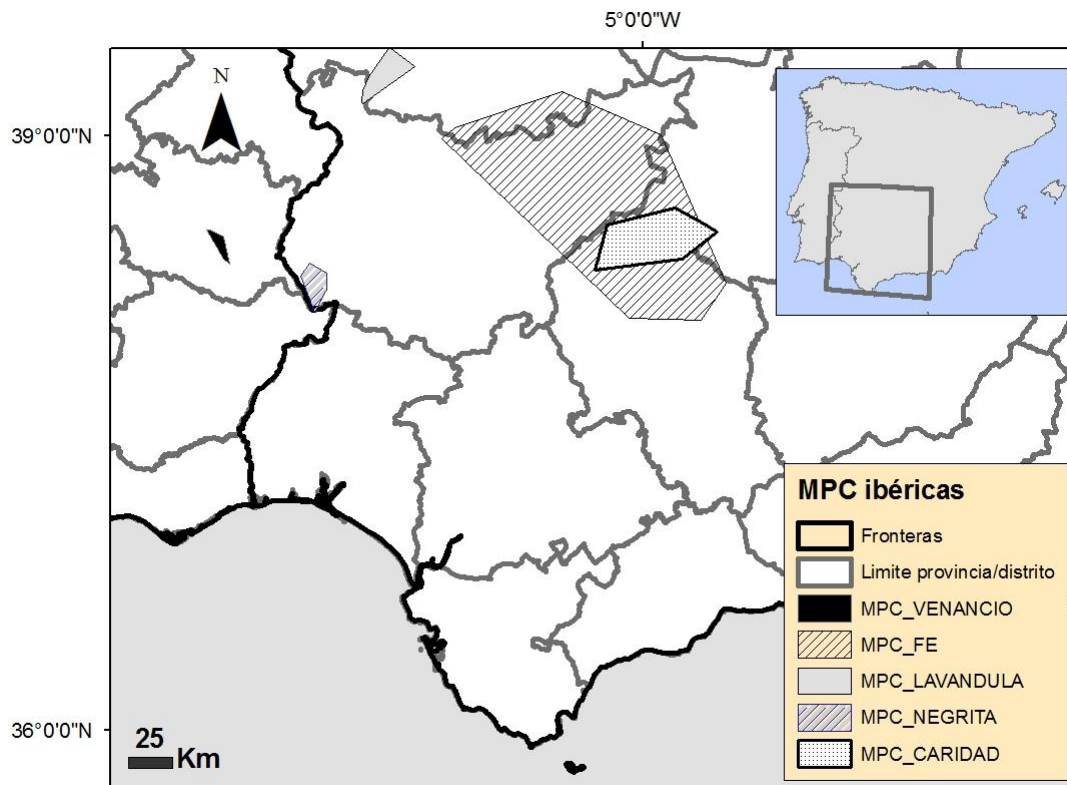


Figura 4.2. MPC: Mínimos Polígonos Convexos de las áreas premigratorias de las aves ibéricas.

Uso del hábitat de las áreas pre-migratorias y de parada migratoria

Las cigüeñas negras mostraron patrones estadísticamente significativos en el uso del hábitat durante las paradas migratorias de las aves extra ibéricas y el periodo pre-migratorio de las ibéricas en la Península ($\lambda = 0,2325$, $\chi^2 = 14,588$, grados de libertad g.l.= 6, $p = 0,023$; 10 MPC considerados, 724 localizaciones). La secuencia del ranking de hábitats usados (de más a menos usados) es: aguas continentales > terrenos agrícolas heterogéneos (“dehesas”) > bosques > “áreas semi-naturales” > tierra de cultivos > superficies urbanizadas > cultivos permanentes (Tabla 4.2). Las aguas continentales (cursos y masas de agua) fueron significativamente más usados que cualquier otro hábitat. El segundo hábitat significativamente más usado fue el agrícola heterogéneo, representado por la dehesa ibérica, donde se combina un uso agro-forestal con una disponibilidad parcheada de agua en forma de charcas. Finalmente, son los bosques (representados fundamentalmente por los bosques de ribera) el tercer hábitat usado significativamente. No se encontró diferencia en el uso de los cuatro otros hábitats existentes, a pesar de que un ave (*Anne*) estableció su área de descanso y parada dentro

de los arrozales del brazo del este del río Guadalquivir (hábitat de tierra de cultivos), en Sevilla.

Tabla 4.2. Matriz de ranking simplificada basada en la comparación de la proporción de localizaciones de cada cigüeña negra (n = 10) en cada tipo de hábitat (uso de hábitat) con la proporción de cada tipo de hábitat dentro de las áreas de campeo (MPC) de cada ave (disponibilidad de hábitat). Signos; el hábitat situado en la correspondiente fila indica si ha sido más o menos preferido (+ o -) respecto al hábitat de la correspondiente columna; + + + o - - -, indica que las diferencias son significativas entre los hábitats de la fila con la columna correspondiente ($P < 0.05$); + o -, muestra que la diferencia no es significativa. La importancia relativa del hábitat (ranking) está determinada por el número de signos +, + + + que aparecen en la correspondiente fila. La selección de los hábitats fueron clasificados acordes con la preferencia mostrada (categoría '0', indica hábitat menos seleccionado); Aebischer *et al.* 1993.

Hábitat	Hábitat							Ranking
	Superficies urbanizadas	Tierra de cultivos	cultivos permanentes	Terrenos agrícolas heterogéneos	Bosques	Áreas semi-naturales	Aguas continentales	
Superficies urbanizadas		-	+	---	---	-	---	1
Tierra de cultivos	+		+	-	-	-	-	2
cultivos permanentes	-	-		---	---	-	---	0
Terrenos agrícolas heterogéneos	+++	+	+++		+	+	-	5
Bosques	+++	+	+++	-		+	-	4
Áreas semi-naturales	+	+	+	-	-		-	3
Aguas continentales	+++	+	+++	+	+	+		6

Uso del hábitat a pequeña escala geográfica

Las masas de agua fueron menos usadas (5,25% de las localizaciones en aguas continentales, $n = 381$) que los cursos fluviales (94,75%, $n = 381$). Todas las localizaciones obtenidas en cursos fluviales se encontraron en tan solo cuatro tipos diferentes, que fueron muy seleccionados dentro de las cuencas del Guadiana y el Guadalquivir ($\chi^2 = 9150.39$ grados de libertad d.f. = 56, $p \ll 0,001$, $n = 57$ tipos diferentes de cursos fluviales en las cuencas del Guadiana y del Guadalquivir). Todas las localizaciones excepto 20 estuvieron en dos tipos de cursos fluviales: “*Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana (101)*” y “*Ríos de la baja montaña mediterránea silícea (108)*” (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Loc N: Número de localizaciones en cada tipo de curso de agua seleccionado; Wc: número de cursos de agua de cada tipo; %Wcn(t): Porcentaje representativo del tipo de curso de agua respecto al número total de cursos de agua existente en las cuencas hidrográficas consideradas; L (km): número total de km de cursos de agua en las cuencas; %L: porcentaje de km que contribuye cada tipo de curso de agua seleccionado al número total de km de cursos de agua en las cuencas.

Tipo de curso de agua (código)	Loc N	Wcn	%Wcn(t)	L (km)	%L
España					
Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana (101)	216	65	10,65	2,066,72	12,45
Ríos de la baja montaña mediterránea silícea (108)	92	121	19,83	4,464,74	26,90
Portugal					
Cuerpo de agua altamente modificado –HMWB–	19	15	6,30	207,82	7,03
Grupo 4 / Mineralización Media	1	20	8,40	597,94	20,19



Dentro de estos cursos de agua, las cigüeñas negras usan significativamente tramos de río con cobertura arbórea (ver arriba análisis composicional), lejos de núcleos urbanos ($F_{1, 1428} = 11,78$, $p = 0,006$) e infraestructuras lineales ($F_{1, 1428} = 23,94$, $p << 0,001$). Además, los tramos seleccionados están marginalmente más cerca de masas de agua (principalmente embalses) de lo que sería de esperar en una distribución al azar, aunque no es una diferencia significativa ($F_{1, 1428} = 3,26$, $p = 0,07$).

DISCUSIÓN

Distribución geográfica a escala peninsular

Los resultados obtenidos coinciden con trabajos anteriores (Jadoul *et al.* 2003a, Chevallier *et al.* 2011) en cuanto a que confirman la importancia de la península ibérica como lugar clave a lo largo de la migración occidental de la especie: según los datos de este estudio al menos un 25% de las aves que realizan esta ruta podrían realizar al menos una parada migratoria (de más de tres días) en territorio ibérico. Estas paradas se concentran dentro de las dos cuencas hidrográficas más importantes del sur peninsular: en la del Guadalquivir, y especialmente en la del Guadiana. Este resultado coincide totalmente con los primeros trabajos que se realizaron sobre el seguimiento de la especie mediante satélite (Jadoul *et al.* 2003a). Atendiendo a estos resultados, la mitad sur de la península ibérica tiene una importancia relevante para las cigüeñas negras respecto a la mitad norte como área de descanso y recarga energética antes de emprender el tramo africano de la migración. Además, las cigüeñas negras no establecen unos pocos enclaves-santuarios a modo de *hotspots* donde parar, sino que usan las cuencas fluviales de una serie de ríos y arroyos meridionales con unas características concretas, donde se encuentran con aves locales. Difiere respecto a otras especies de aves con migraciones largas como la espátula europea *Platalea leucorodia* y la grulla común *Grus grus*, que principalmente establecen determinados sitios del norte peninsular como áreas de descanso y parada migratoria (Alonso *et al.* 2008, Navedo *et al.* 2010).

Selección del hábitat de las áreas premigratorias y de parada migratoria

Este estudio revela que las cigüeñas negras no se limitan a seleccionar aguas continentales como hábitat preferido, sino que eligen sesgadamente unos tipos de ríos muy concretos. Son ríos de sustrato silíceo, lo que produce un lecho impermeable que hace que permanezcan charcones a lo largo de su cauce, incluso cuando no tienen caudal, a lo largo del estiaje (Arenillas y Sáenz 1987). Por otro lado, los arroyos y ríos seleccionados se localizan principalmente en las cabeceras de ríos mayores, donde no hay alteraciones significativas en el caudal de manera artificial (SIA 2005). Estos dos rasgos (ríos de pequeña entidad y tramos altos de cuencas hidrográficas con escasas regulaciones artificiales) favorecen el mantenimiento de significativas comunidades de peces autóctonos (Corbacho y Sánchez 2001, Filipe *et al.* 2002), recurso trófico muy importante para una especie piscívora como ésta (Domínguez *et al.* 1985, Chevallier *et al.* 2008). De hecho, seis de las áreas definidas como sitios de parada y descanso migratorio en este estudio están incluidas en la Red Natura 2000 por mantener buenas comunidades de peces continentales (MMARM 2011, ICNB 2006). Todos estos rasgos en su conjunto hacen que este tipo de cursos fluviales sean seleccionados como amplias y parcheadas áreas de alimentación, similares a las descritas en el Sahel durante el invierno (Chevallier *et al.* 2010b).

Uso del hábitat a pequeña escala geográfica

Los patrones del uso del hábitat son el resultado de los procesos de selección del hábitat, término que conlleva la connotación del entendimiento de procesos ambientales y de comportamiento complejos que la selección de hábitat no tiene (Jones 2001). Solo conociendo estos procesos, al menos en parte, será posible entender el uso del hábitat y por tanto llevar a cabo medidas de conservación útiles. Las cigüeñas negras evitan los tramos de río y arroyos cercanos a núcleos urbanos e infraestructura lineales. Evitan por tanto áreas donde probablemente puedan ser inducidas a estrés y vuelos de huida por molestias humanas, lo que reduciría la eficiencia energética respecto al tiempo invertido en alimentarse (Blumstein *et al.* 2005, Young *et al.* 2005, Moreno-Opo *et al.* 2011). Es de sobra conocido la sensibilidad de la especie a la presencia humana a lo largo de su



ciclo anual; tanto en época de reproducción (Rosenvald y Lõhmus 2003) como de invernada (Chevallier *et al.* 2010b), pero también durante sus paradas y descansos migratorios (Moreno-Opo *et al.* 2011). Los resultados de este trabajo constatan esta sensibilidad a las molestias humanas, y podría explicar el conocimiento sesgado que se tiene de la especie en referencia al uso del hábitat en la península ibérica en esta época. Efectivamente, la bibliografía clásica de la especie en Iberia describe el uso intensivo de colas de embalses y charcas durante este periodo (Sansegundo 1992, Velasco y Torralvo 2002, Ferrero y Pizarro 2003), mencionando solamente de manera marginal el uso de los cauces de ríos y arroyos. Este sesgo podría estar motivado porque las aves son muy fácilmente detectables todas juntas en colas de embalses y en charcas (Sansegundo 1992, Velasco y Torralvo 2002, Ferrero y Pizarro 2003, Moreno-Opo *et al.* 2009), en muchos casos de dominio público, aunque realmente lo que están seleccionando de manera muy sesgada son tramos de río y arroyos alejados de molestias humanas. No obstante, los resultados obtenidos apuntan a una selección marginalmente significativa de tramos de ríos y arroyos cercanos a masas de agua, especialmente colas de embalses. Las colas de embalses y otras masas de agua suelen ser áreas abiertas, con muy alta visibilidad, lo que suponen lugares seguros para descansar y disminuir el riesgo de depredación durante las horas del día en que las aves no se alimentan, valorando la proximidad de coberturas a la peligrosidad de depredación en un sitio dado (Pomeroy *et al.* 2006). En el caso de la cigüeña negra, Moreno-Opo *et al.* (2011) ya apuntaron la selección de charcas en áreas abiertas como una estrategia para detectar depredadores potenciales. Las aves migradoras probablemente ponderan la disponibilidad trófica y el riesgo de depredación para decidir el uso de un sitio como parada migratoria (Pomeroy *et al.* 2006). Por tanto, el uso de las áreas premigratorias, de descanso y parada a una escala espacial pequeña seguramente es el balance entre la disponibilidad trófica, la baja incidencia de la presencia humana que maximice la rentabilidad energética y minimice el riesgo de depredación (de origen humano o no).

Implicaciones para la conservación

Este trabajo proporciona información desconocida sobre este periodo crítico de la migración de la especie, que debería ser tenida en cuenta en los nuevos planes de

conservación regionales que deben llevarse a cabo (Real Decreto 139/2011), especialmente en Castilla La Mancha y Andalucía. En los planes deberían ser incluidas medidas de conservación y gestión específicas para las áreas premigratorias, de parada y de descanso (Higuchi y Pierre 2005, Calvert *et al.* 2009), que tendría incidencia no solo sobre la población ibérica, sino sobre toda la población del paleártico occidental.

Este aspecto es especialmente importante por cuanto estas áreas en Iberia son las últimas adecuadas antes de que las cigüeñas negras se enfrenten a grandes barreras geográficas (Petit 2000) a lo largo de su ruta migratoria. Dada la importancia de incluir estas zonas en las estrategias de conservación (Sheehy *et al.* 2011), sería muy importante declarar como hábitat prioritario de conservación para la especie todas las cuencas fluviales tipificadas dentro de “*Ríos de llanuras silíceas del Tajo y Guadiana (101)*” y “*Ríos de la baja montaña mediterránea silícea (108)*”, así como sus análogos en Portugal, considerando medidas de regulación de su uso humano al menos durante el periodo migratorio. Estas medidas deberían ser extensibles a las colas de embalses y otras masas de agua relevantes. Además, es esencial implementar medidas activas de conservación encaminadas a la restauración en áreas de alimentación (Moreno-Opo *et al.* 2011) y la protección de las comunidades de peces autóctonos en estos cursos de agua.

Conservación de las cigüeñas negras *Ciconia nigra* ibéricas fuera de las áreas de reproducción: distribución, desplazamientos y mortalidad

“Una de sus principales amenazas es la alteración del hábitat en áreas de nidificación por infraestructuras y presión urbanística”.

Luis Santiago Cano y José Manuel Hernández, 2003.

Cigüeña Negra, *Ciconia nigra*. En Martí, R. & Del Moral, J.C. (Eds.): Atlas de las Aves reproductoras de España.



Este capítulo reproduce el artículo:

Cano, L.S., Franco, C., Doval, G., Torés, A., Carbonell, I. y Tellería, J.L. 2012. Conservation of Iberian black storks *Ciconia nigra* outside of breeding areas: distribution, movements and mortality. *Bird Conservation International* doi: 10.1017/S0959270912000482



5

Conservación de las cigüeñas negras *Ciconia nigra* ibéricas fuera de las áreas de reproducción: distribución, desplazamientos y mortalidad

INTRODUCCIÓN

Las especies migradoras de vertebrados constituyen un desafío para predecir las tendencias poblacionales porque están condicionadas por acontecimientos en numerosos y diferentes escenarios a lo largo de su ciclo anual, frecuentemente separados entre sí por considerables distancias geográficas (Norris y Marras 2007). Esto puede ser un aspecto crítico en aves en peligro porque, además de tener que conocer los efectos que tienen que sobrellevar debido a las diferencias geográficas en la calidad de hábitat, es importante conocer sus tasas de mortalidad a lo largo de todo el circuito migratorio. Sin embargo, la suerte que corren aquellas especies raras o escasas es difícil de evaluar debido al desafío que conlleva realizar el seguimiento de poblaciones a lo largo de amplias regiones por las que viajan durante sus movimientos migratorios (Webster *et al.* 2002). Afortunadamente, estas deficiencias están siendo rápidamente solventadas mediante el uso de tecnologías de seguimiento diseñadas para proporcionar información directa sobre individuos migradores a lo largo de áreas muy extensas (Fiedler 2009). Este trabajo explora los desplazamientos y la mortalidad de un conjunto de cigüeñas negras ibéricas seguidas mediante emisores satelitales, y que migraron a África. Estas cigüeñas son parte de la vulnerable subpoblación ibérica de la especie (alrededor de 400 parejas reproductoras conocidas, ver capítulos 1 y 7), la cual se encuentra aislada del resto del grueso poblacional del Paleártico (Cano Alonso *et al.* 2006). Los desplazamientos y paradas migratorias de cigüeñas negras procedentes de Centroeuropa han sido ya estudiados mediante seguimientos por satélite (Bobek *et al.* 2008,

Chevallier *et al.* 2011), pero se tiene todavía un conocimiento muy limitado sobre los movimientos realizados por la subpoblación ibérica (ver capítulos 2 y 3), y no se sabe nada sobre los patrones de mortalidad dentro del circuito migratorio (Cano Alonso 2004).

Después de la reproducción, durante la migración y la invernada, las cigüeñas negras se mueven a lo largo de las orillas de los ríos y pozas en busca de alimento (Jiguet y Villarubias 2004). No se sabe si existen estos movimientos en las cigüeñas negras ibéricas, o si difieren entre sí en Iberia (ver capítulo 4) y el área de invernada en el Sahel. Las diferencias en los movimientos entre ambos periodos están usualmente relacionadas con la disponibilidad y la adecuación de los sitios donde se alimentan (Schoener 1968). De este modo, diferencias en los movimientos de las cigüeñas podrían reflejar distintas dificultades para afrontar las condiciones ambientales y podrían explicar posibles patrones de mortalidad en Iberia y en el Sahel. Además, las cigüeñas negras están fuertemente afectadas por las interferencias directas y la sobreexplotación de los recursos hídricos por parte del hombre (Chevallier *et al.* 2010b). Presumiendo que las áreas protegidas pudieran disminuir los conflictos entre el hombre y la fauna salvaje, podría ser interesante explorar tanto si las áreas postreproductivas como las áreas donde hay mortalidad de cigüeñas negras se encuentran dentro o fuera de la red de áreas protegidas (Jiguet *et al.* 2011). Esto podría permitir comprobar la efectividad de las áreas protegidas en la conservación de la especie (ver introducción para sus distintos grados de protección).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron los desplazamientos y la supervivencia de 10 cigüeñas negras marcadas mediante emisores “*satelitales*”. Las aves fueron marcadas tal como se explica en el epígrafe *Origen de los individuos marcados* del apartado Material y Métodos del capítulo 2. Se usó la densidad de localizaciones para explorar las áreas usadas por las distintas cigüeñas negras en Iberia y África. Se calcularon kernels



adaptativos al 50% y 90% para definir el tamaño y la estructura de las áreas usadas por los distintos individuos, particularmente para ver el uso de extensas y contiguas áreas o áreas multi-nucleares y separadas. Las áreas de cada individuos fueron calculadas usando la extensión “*Home Range Extension*” (Rodgers y Carr 1998) para ArcView3.2[®]GIS. Se exploraron los desplazamientos de cada ave marcada dentro y entre cada una de las áreas de campeo (o área en caso de ser única) en Iberia y el Sahel, estimando el número de kilómetros que se desplazaron por día. Se usó toda la información geográfica disponible para tener la red de áreas protegidas en el oeste del Sahel (IUCN y UNEP 2010), Portugal y España (EEA 2010). La superficie total de las áreas de cada cigüeña dentro de las áreas protegidas fue igualmente calculada, tanto en Iberia como en África. Se realizó el test de la U *Mann-Whitney* y un ANOVA factorial para comparar respectivamente entre periodos las diferencias en los tamaños de las áreas y la distancia diaria realizada por cada ave en invierno y el periodo postreproductivo. Todos los análisis estadísticos se realizaron usando la versión 7.0. STATISTICA para *Windows*.

RESULTADOS

De los 10 individuos, tres murieron en Iberia antes del presumible viaje a África. Un juvenil murió inmediatamente después de abandonar el nido y fue descartado para análisis posteriores; otro juvenil se perdió durante el periodo postreproductivo y el último durante los movimientos migratorios otoñales por la península ibérica antes de cruzar el estrecho de Gibraltar. De los siete individuos que lograron llegar al Sahel, cuatro dejaron de moverse abruptamente durante el primer invierno y otro durante el segundo invierno. Los últimos datos de dos transmisores fueron emitidos desde sendas poblaciones, otros dos emitieron desde puntos fijos localizados en el campo y el cadáver del último fue recuperado en Senegal. Si asumimos que la explicación más plausible de los súbitos ceses de movimiento fue la muerte de las aves, entonces murieron el 30% ($n = 10$) de las cigüeñas negras marcada en Iberia y el 50% en el Sahel (el 70% de las aves marcadas llegaron para pasar el invierno a esta área). Las áreas globales de campeo de las cigüeñas negras en Iberia (media \pm error estándar; $1.955,6 \pm 963,63 \text{ km}^2$, $n = 8$)

fueron inferiores a las que mostraron en África ($11.473 \pm 1.764,4 \text{ km}^2$, $n = 3$; test de la *U de Mann-Whitney*, $U = 0,00$; $p < 0,05$). Algunas cigüeñas ($n = 4$) mostraron continuas y extensas áreas, mientras que el resto de cigüeñas se caracterizaron por tener áreas multi nucleares, presentando por tanto distintas intensidades en el uso del territorio. Las áreas de campeo en África se separaron en al menos dos núcleos diferentes separados unos de otros en al menos 150 km (Figura 5.1).

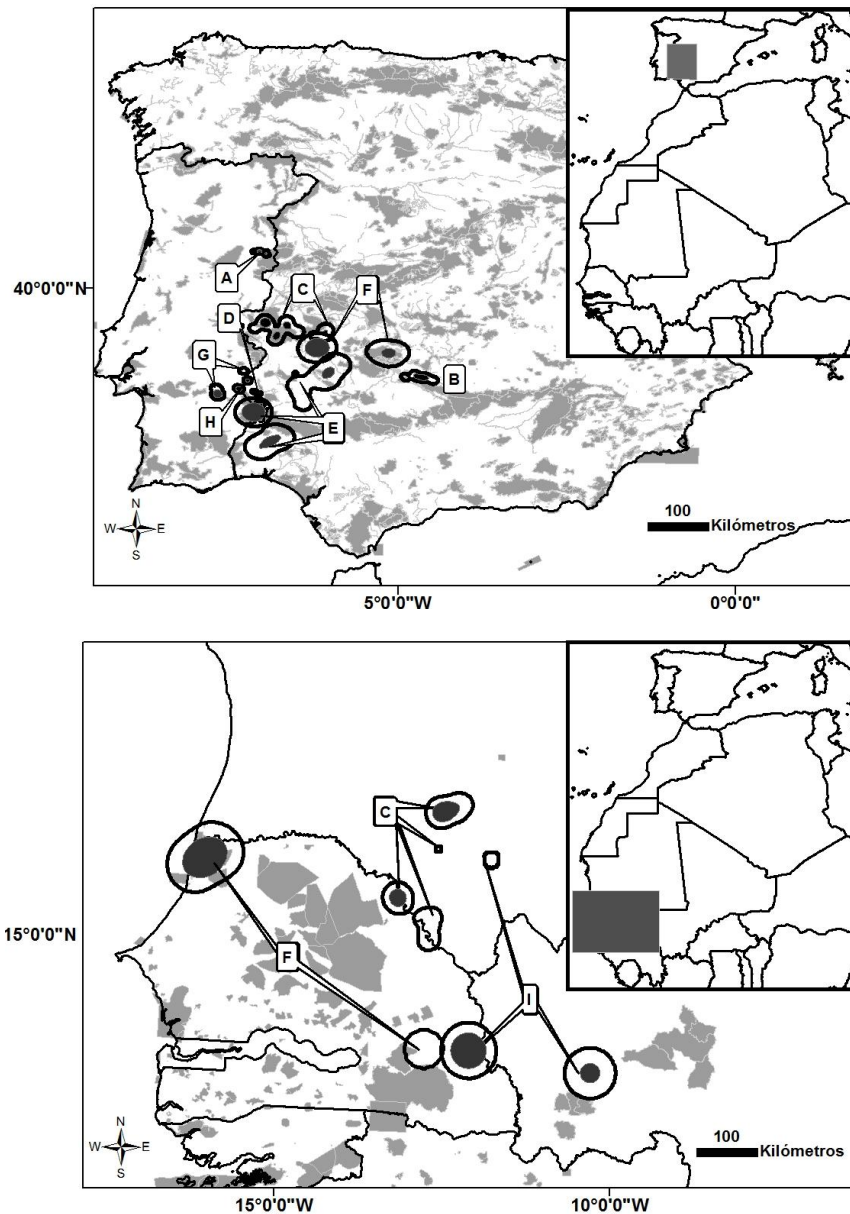


Figura 5.1. Kernels adaptativos al 50% y 90% del total de localizaciones obtenidas para cada cigüeña negra ibérica marcada durante la época postreproductiva (arriba) y la invernada (abajo). Las superficies en gris representan las áreas protegidas en Iberia y África. A: *Espartero*; B: *Caridad*; C: *Lavandula*; D: *Negrita*; E: *Lua Nova*; F: *Fe*; G: *Venâncio*; H: *Nerium*, I: *Esperanza*.



Las diferencias en el tamaño de las áreas de campeo se relacionaron con las diferencias en los movimientos diarios, puesto que las cigüeñas negras recorrieron mayores distancias en África que en Iberia (ANOVA factorial; efecto Iberia vs. África: $F_{1, 1024} = 16,99$; $p < 0,001$; efecto individual del ave: $F_{5, 1024} = 8,35$; $p < 0,001$; interacción $F_{5, 1024} = 0,37$; $p = 0,866$; Figura 5.2).

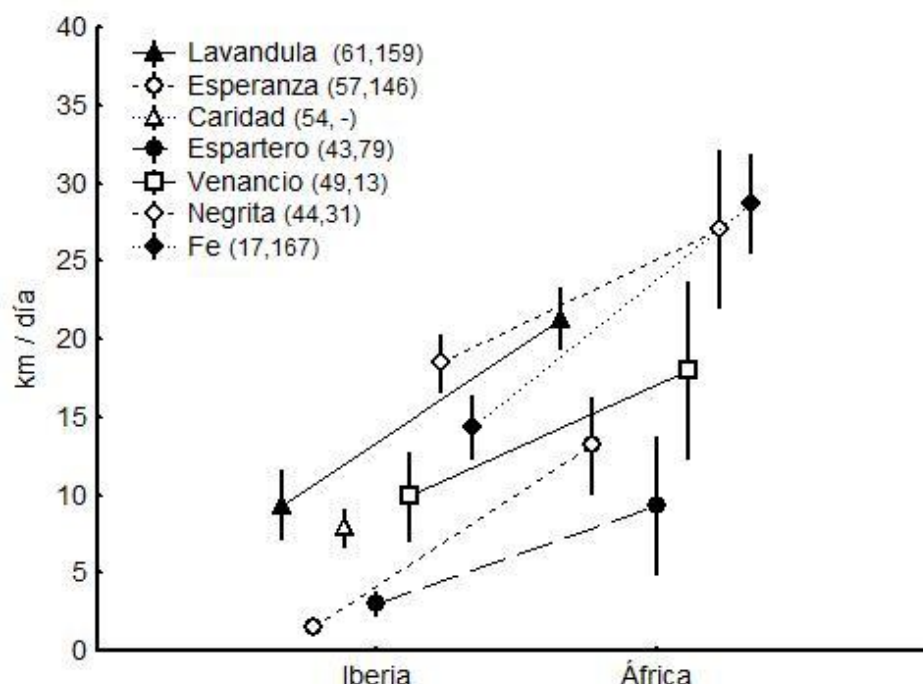


Figura 5.2. Media de la distancia diaria realizada por las cigüeñas negras ibéricas en la península ibérica durante la época postreproductiva y en África durante la invernada. Entre paréntesis el número de días considerados en la península ibérica y África para el cálculo de dicha distancia. La distancia diaria cubierta por *Caridad* en África no aparece puesto que murió nada más llegar a la zona de invernada. Las barras representan el intervalo de confianza al 95%.

Más de un tercio (37,2%, $n = 8$) de la superficie ibérica de las áreas de campeo y menos de un 10% (8,6%, $n = 3$) de la superficie africana de las áreas de campeo de los individuos marcados estuvieron dentro de áreas protegidas. Una de las tres cigüeñas negras muertas en Iberia y una de las cinco cigüeñas negras que expiraron en el Sahel murieron dentro de áreas protegidas (*Sierra de San Pedro*, España y *Parque Nacional de Diawling*, Mauritania).

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, la mortalidad de cigüeñas negras ibérica estuvo fuertemente relacionada con la suerte que corrieron en África, donde tuvieron lugar la mayor parte de las bajas. Es sabido que las cigüeñas negras ocupan zonas de ríos estacionales y pequeñas masas de agua en las sabanas subsaharianas, donde rastrean sitios adecuados según avanza la sequía después del monzón del verano (Hourlay 2003, Bobek *et al.* 2008, Chevallier *et al.* 2010b). En Iberia, las cigüeñas buscan alimento en riachuelos y riberas que sufren el estío, pero además se benefician del considerable número de charcas ganaderas diseminadas en las dehesas de España y Portugal (Moreno-Opo *et al.* 2011). Estas diferencias ambientales, especialmente las restricciones ambientales que sufren las cigüeñas en el estío progresivo del Sahel, podrían explicar los amplios movimientos diarios mostrados en África (Figuras 5.1 y 5.2). Se podría suponer que la reducida disponibilidad de agua en el Sahel (Zwarts *et al.* 2009), y el incremento del uso de los puntos de agua por humanos y ganado a medida que la sequía avanza después del monzón de verano, obliga a las cigüeñas negras a moverse mayores distancias en busca de hábitats adecuados, una situación que ha sido además señalada en otras especies dependientes del agua (Legagneux *et al.* 2009). Estas restricciones probablemente causan un incremento de muertes especialmente en individuos jóvenes (la mayor parte de los individuos ibéricos marcados en este estudio lo eran) debido a la falta de conocimiento y experiencia de áreas de invernada adecuadas comparada con los adultos (Bobek *et al.* 2008).

Estos resultados además constatan las llamativas diferencias entre la red de áreas protegidas en África y Europa, y que afecta a esta especie (Chevallier *et al.* 2011). Hoy en día, menos del 5% del ámbito adecuado de invernada de las cigüeñas negras están bajo la protección de reservas (Jiguet *et al.* 2011), cifra que concuerda con el patrón descrito en este estudio para las aves ibéricas (8,6%). Esto explicaría por qué la mayor parte de las cigüeñas negras ibéricas que murieron en el Sahel lo hicieron fuera de la



red de reservas. Se podría asumir, por tanto, que en un contexto de una mayor presión humana sobre los recursos hídricos en el Sahel, el manejo efectivo podría ser más fácil en áreas protegidas, donde pudieran reservarse algunos sectores adecuados para la conservación de la fauna más dependiente del agua (Tellería *et al.* 2008). Sin embargo, la aplicación de tales protocolos y directrices en las reservas estarían siempre fuera de una parte significativa de las áreas de campeo de esta especie en África. En consecuencia, los planes de conservación de la subpoblación ibérica de cigüeña negra deberían estar relacionados con los esfuerzos del plan estratégico de la AEWA y otras iniciativas que promuevan el uso global de los recursos hídricos en el Sahel.

Predicción de las áreas de invernada de cigüeña negra *Ciconia nigra* en Iberia

“No todas las aves abandonan en invierno la Península; algunos adultos permanecen durante todo el invierno en las áreas de concentración, y las áreas de invernada no ocupadas en el período de concentración pueden mantener unas pocas aves ibéricas y, tal vez, algún individuo europeo”.

César Sansegundo, 1992. En (Alonso, J., Alonso, J.C. y Sansegundo, C.): Cigüeña Blanca *Ciconia ciconia* y Cigüeña Negra, *Ciconia nigra*: Estudio de selección de hábitat. Informe inédito del ICONA





6

Predicción de las áreas de invernada de cigüeña negra *Ciconia nigra* en Iberia

INTRODUCCIÓN

Hay un número creciente de Modelos de Distribución de Especies (MDE) para predecir la distribución de especies en ámbitos extensos combinando los datos de presencia con variables ambientales (Elith *et al.* 2006). Estos modelos presentan la posibilidad de detectar la distribución de especies raras, amenazadas, pobremente conocidas y el efecto de algunos cambios ambientales (Elith y Leathwick 2009). La cigüeña negra *Ciconia nigra* es una ave migradora de larga distancia que muestra una migración dividida “*divide migration*” en Europa (Bobek *et al.* 2008). La ruta de migración occidental atraviesa la península ibérica, estrecho de Gibraltar y el desierto del Sahara hasta los cuarteles de invierno, localizados principalmente en el Sahel occidental (ver capítulos 2 y 3). No obstante, la población invernante en la península ibérica, compuesta por cigüeñas negras de origen ibérico y extra ibérico, está aumentando en las últimas décadas (Cano Alonso *et al.* 2006). Por ejemplo, en el *Parque Nacional de Doñana*, y muy especialmente en su entorno, su población invernante ha aumentado de unos pocos individuos a principios de los ochenta a más de 300 en enero de 2007, si bien esta cantidad disminuyó un 60% los dos inviernos siguientes para estabilizarse en un número de aves invernantes similar a los contados en los inviernos de 2004 y 2005 (Máñez *et al.* 2010). Recientemente, se ha elaborado un modelo predictivo de distribución de las áreas de invernada en el oeste de África de cigüeñas negras europeas (Jiguet *et al.* 2011), pero hasta la fecha no se ha realizado nada parecido para la región ibérica.

En este estudio se ha construido un modelo predictivo de las áreas de invernada de la población invernante ibérica de cigüeña negra mediante el programa *MaxEnt* (Phillips *et al.* 2006), uno de los más ampliamente utilizados para la predicción de distribuciones (Elith *et al.* 2011). El primer propósito del estudio es identificar potenciales áreas de invernada para la cigüeña negra en la península ibérica. Una vez obtenido el modelo, se intentará validar analizando si el número de individuos observados se correlaciona con la idoneidad predicha por el modelo (Tellería *et al.* 2012).

En segundo lugar, se ha explorado si el número de cigüeñas negras invernantes en un área dada pudiera estar correlacionado con la distancia de estas áreas al eje central de la migración otoñal de las cigüeñas negras que atraviesan la península ibérica. Es conocido que los sectores más cercanos a los itinerarios migratorios parecen ser más fácilmente ocupados por los migrantes en su distribución invernal (Tellería *et al.* 2009). Siguiendo esta idea, la hipótesis de trabajo es que las cigüeñas negras estarían ocupando actualmente los lugares adecuados más cercanos al eje central de migración otoñal de la especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Modelo de distribución en base a la lectura de anillas

Se reunieron 179 lecturas de anillas realizadas en la península ibérica desde noviembre de 1988 a enero de 2011. Las lecturas procedieron de bases de datos propias y de la Estación Biológica de Doñana – CSIC. Se estableció como periodo de invernada en la península ibérica entre el uno de noviembre al 31 de enero. Este periodo fue definido en base a la fenología migratoria obtenida a partir de 28 itinerarios otoñales y nueve primaverales realizados por cigüeñas negras equipadas con emisores satelitales en Bélgica (3), República Checa (2), Francia (13), Luxemburgo (3), Portugal (3) y España (4). A partir de los itinerarios individuales se calculó el eje medio central de gravedad desde los Pirineos hasta el Estrecho de Gibraltar.



Se determinó como área de estudio toda la península ibérica. Se trata de un territorio de más de 583.000 km² con contrastados gradientes ambientales donde convergen áreas más o menos frías y montañosas con áreas costeras típicas de ambientes mediterráneos. Se han seleccionado aquellas variables sintéticas que pudieran tener una fuerte influencia en la especie durante el invierno en un contexto ibérico. De las 19 variables del *Worldclim* (<http://www.worldclim.org/>) se seleccionaron variables climáticas relacionadas con la temperatura y las precipitaciones (Jiguet *et al.* 2011), que probablemente pueden tener una mayor incidencia para la distribución invernal de la especie: temperatura media del trimestre más frío (BIO 11), precipitación en el trimestre más húmedo (BIO 16) y precipitación del trimestre más frío (BIO19). También se tuvieron en cuenta otras variables que se han descrito como explicativas de la distribución invernal de las aves en la península ibérica (Senar y Borrás 2004). De este modo, se generó una capa de altitud (ALTI) a partir de un Modelo Digital del Terreno de un tamaño de pixel de 2,5 x 2,5 km con el programa ArcGIS®10.0. Del mismo Modelo Digital del Terreno se generó una capa de radiación solar en invierno (RADIA) como otra variable topográfica potencialmente importante puesto que se relaciona con la termorregulación de las aves en Iberia (Carrascal y Díaz 2006). También se usó el CORINE 2006 land cover (versión 15/2011: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database-3>) para proporcionar información sobre la importancia de los hábitat y su potencial relación con la estructura de la vegetación, una variable muy importante que también determina la distribución de las aves (Seoane *et al.* 2004). Como la cigüeña negra es principalmente piscívora durante el invierno en sus cuarteles de África (Chevallier *et al.* 2008), se asumen las orillas de los cursos de agua y masas de agua continentales como una variable de disponibilidad trófica por si misma porque puede tener un importante efecto en la distribución de la especie en invierno. De este modo se generó una capa de tamaño de pixel de 1 x 1 km que contenía la información de km lineales de orillas (ORILLAS). Finalmente se tuvieron en cuenta dos variables más para valorar la potencial relación espacial de la presencia humana y la distribución de la cigüeña negra en invierno. Se generó una capa de tamaño de pixel 1 x1 km con las infraestructuras en 1 km² (ROADS), y por último, la huella humana (HUMAN) (Sanderson *et al.* 2002). Todas las

variables descritas anteriormente fueron interseccionadas con la capa de lectura de anillas en invierno para un análisis exploratorio básico de los datos.

Se computó las posibles correlaciones entre variables mediante el lenguaje de programación estadística R v2.14.2 (*R Development Core* 2008), estableciendo el umbral de distancia mínima en 0,5. El set final de variables independientes obtenidas fueron: BIO 19, ALTI, RADIA, ROADS, CORINE, HUMAN y ORILLAS.

Se utilizó el método de máxima entropía (*MaxEnt*), basado en dicho principio (Phillips *et al.* 2006, Phillips y Dudík 2008), para la modelización de la distribución geográfica de los sitios de invernada de la cigüeña negra. Se trata de un método general para realizar predicciones a partir de información incompleta. Estima la probabilidad de presencia de una especie dada buscando la distribución de probabilidad más uniforme posible, bajo la restricción de que el valor esperado de cada capa de información deba acercarse a su media empírica (Phillips y Shapire 2004).

Para la realización del modelo, se realizaron 10 réplicas en donde los datos de presencia de individuos en invierno fueron divididos al azar en dos grupos: un 70% de los mismos fueron usados para el modelo de predicción y un 30% fueron usados para realizar un test para la validación intrínseca del modelo. El modelo final fue el promedio resultante de las réplicas realizadas. Se utilizó la versión 3.3.3a. del programa *MaxEnt* y se seleccionó la representación logística de los datos al resultar mucho más intuitiva, ya que predice la probabilidad de presencia estimada entre cero y uno, asumiendo que el diseño de muestreo es tal que las localidades de presencia típicas tienen una probabilidad de presencia igual o superior a 0,5 (Phillips *et al.* 2006). Para evaluar el ajuste del modelo, el programa calcula la curva ROC (acrónimo de *Receiver Operating Characteristic*) y el área bajo esta curva, denominada AUC, cuyos valores se presentan entre 0,5 y 1, y corresponden a una perfecta discriminación (Phillips *et al.* 2006). En general, valores por encima de 0,8 son considerados excelentes (Fielding y Bell 1997).

Con respecto a la evaluación de la importancia de contribución de cada variable al modelo, el programa realiza un análisis usando la técnica *Jackknife*. Esta técnica



genera un diagrama de barras que opera excluyendo una variable del modelo en cada oportunidad, creando así un primer diagrama con las variables remanentes; y luego se crea otro superpuesto con cada variable de manera aislada. De esta forma, se puede calcular la ganancia de contribución de cada variable al total del modelo (Phillips *et al.* 2006). *MaxEnt* también produce una estimación heurística de la contribución relativa de las variables al modelo utilizado que, aunque indicativo, puede ser interpretado como un modelo general lineal clásico, favoreciendo así, la interpretación de los resultados (Phillips *et al.* 2006). El mapa resultante representa los datos en celda de 2,5 x 2,5 km, estableciendo el área adecuada para la especie (en este caso para la nidificación) aquella con valores superiores a los indicados por azar (0,5) y áreas óptimas aquellos que muestran valores superiores a 0,8. Para una mejor interpretación de los mapas se transformaron los resultados obtenidos en valores de tanto por ciento. Se han determinado las áreas adecuadas todas las que presentan valores superiores a 60% (0,6) y óptimas a las de valores superiores al 75% (0,75).

Validación del modelo

Dentro del marco de la mitad sur de la península ibérica, se creó una rejilla de cuadrículas de 25 km² y se generaron 25 puntos al azar dentro de cada cuadrícula usando el set de herramientas *Hawth's Analysis Tools* para ArcGIS® (Beyer 2004). Se ajustaron las cuadrículas y estos puntos a la geografía de la costa de la Península, para seguidamente interpolar los valores obtenidos en cada una de las celdas del *ráster* generado del modelo predictivo con dichos puntos con la finalidad de obtener un índice medio de idoneidad por cada cuadrícula. Por otro lado, se contabilizó el número de lecturas correspondientes a diferentes aves existentes en cada cuadrícula (no se contabilizó más de una lectura para un ave en la misma cuadrícula para evitar pseudoréplicas). Se confirmó que el número de individuos por cuadrícula no estaba correlacionado con su superficie ($r = 0,1671$, $p = 0,4690$). De esta manera se aseguró que no hubiera ningún “efecto costa”, puesto que las cuadrículas del contorno costero de la península ibérica tenían menos superficie que el resto. Se calculó la distancia del centro de cada una de las cuadrículas al eje central de migración otoñal. El índice medio de idoneidad por cuadrícula, el número de lecturas diferentes por cuadrícula y la

distancia del centro de cada cuadrícula al eje central de migración otoñal fueron sujetos a transformaciones arco seno y \log_{10} respectivamente. Se realizó un análisis de regresión múltiple para explorar correlaciones entre parámetros. El análisis se realizó considerando exclusivamente aquellas cuadrículas con presencia de individuos. Se utilizó el número de cigüeñas como variable dependiente y la idoneidad y distancia al eje central de migración otoñal como variables independientes. Adicionalmente se llevaron a cabo sendos análisis de regresión simple para explorar el efecto individual de cada una de las variables independientes sobre el número de cigüeñas. Todos los cálculos fueron realizados usando el programa STATISTICA 7.0 para *Windows* (StatSoft 2004).

RESULTADOS

Modelo de distribución a partir de las lecturas

La curva ROC producida por *MaxEnt* (Figura 6.1) indica una buena precisión del modelo, esto se observa porque los datos de análisis del modelo generan un área bajo la curva de 0,937, valor superior al umbral establecido como óptimo (0,8).

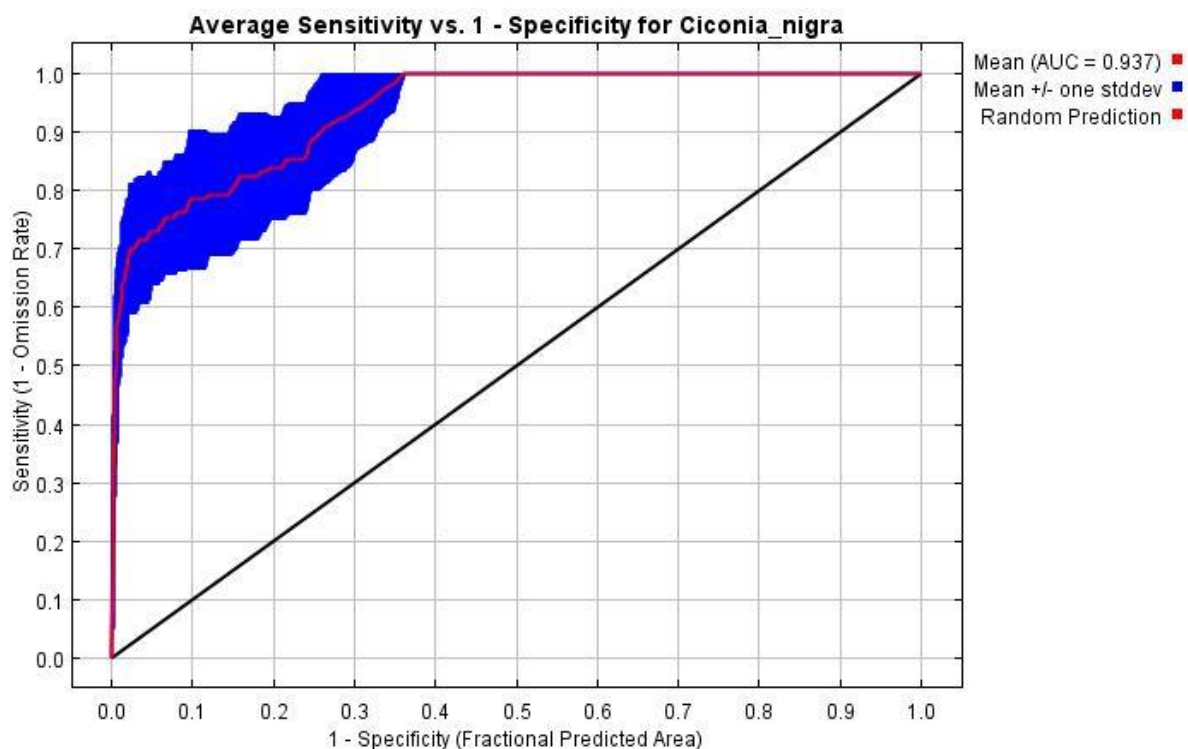


Figura 6.1. Validación del modelo generado mediante el programa *MaxEnt*. Nivel de significación bajo la curva ROC.

MaxEnt realiza dos acercamientos para estudiar cómo afectan las variables a la distribución de la especie. El primero se basa en un análisis heurístico similar a un Modelo General Lineal. Cada paso del algoritmo de *MaxEnt* incrementa la ganancia del modelo mediante la modificación del coeficiente para una única característica; el programa asigna el incremento en la ganancia a la(s) variable(s) ambiental(es), de las cuales depende dicha característica, haciendo después una conversión a porcentajes al final del proceso de análisis. De esta primera aproximación podemos ver que la altitud y con mucho menos peso las precipitaciones en el trimestre más frío (BIO 19) y la estructura de la vegetación (CORINE) son las variables que tienen una contribución más importante en el modelo. La influencia del resto de las variables se puede considerar como muy reducida o nula (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Porcentaje de contribución de cada variable al modelo. Los símbolos entre paréntesis muestran la tendencia de las curvas de respuesta para las variables cuantitativas (+ incremento; - descenso; = sin cambios)

Variable	Porcentaje de contribución
ALTI - altitud	77,7 (-)
BIO 19 - precipitación del trimestre más frío	10,3 (-)
CORINE – corine land cover	7,1
HUMAN – huella humana	2,7 (=)
ROADS - carreteras	1,5 (+)
RADIA – radiación solar	0,6 (+)
ORILLAS – orillas río	0,2 (-)

Como segundo análisis se realizaron pruebas *Jackknife* (Figura 6.2). Las pruebas *Jackknife* generan tres modelos diferentes y los representa en una gráfica de barras en la que, las barras claras reflejan el valor del modelo sin la variable considerada, las barras oscuras el peso de cada variable por sí sola y la barra inferior, el valor del modelo utilizando todas las variables. Entre el resto de las variables, tan solo BIO 19 parece tener un “peso” similar a la altitud en importancia porque su ausencia provoca un peor ajuste al modelo. El tipo de vegetación (CORINE) aporta información significativa pero su ausencia no modifica sustancialmente el modelo. Contrariamente las carreteras no contribuye con información al modelo pero su ausencia provoca un peor ajuste del resto de variables (se puede comprobar cómo la barra clara resulta más corta). El resto de las variables apenas tienen importancia.

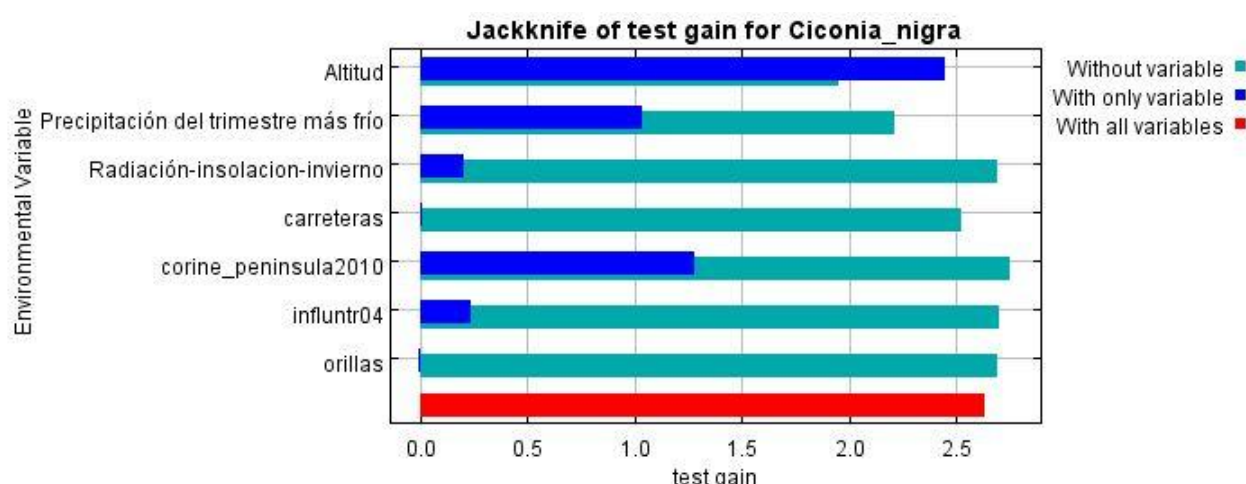


Figura 6.2. Análisis de *Jackknife* para las diferentes variables estudiadas. Barras oscuras: peso de cada variable por sí misma; barras claras: peso de todas las variables excluyendo la considerada; barra inferior: peso conjunto de todas las variables

Las curvas de respuesta marginales muestran como cada variable afecta al modelo predictivo producido por *MaxEnt* para *Ciconia nigra*, sin considerar sus correlaciones. Según dichas gráficas (Figura 6.3), las áreas de invernada más idóneas para la cigüeña negra en la península ibérica son aquellas que están a la altura del nivel del mar, habiendo presencia de hábitats costeros típicos de costa como salinas o marjales, y con precipitaciones moderadas o escasas (unos 250 mm) durante el trimestre más frío.

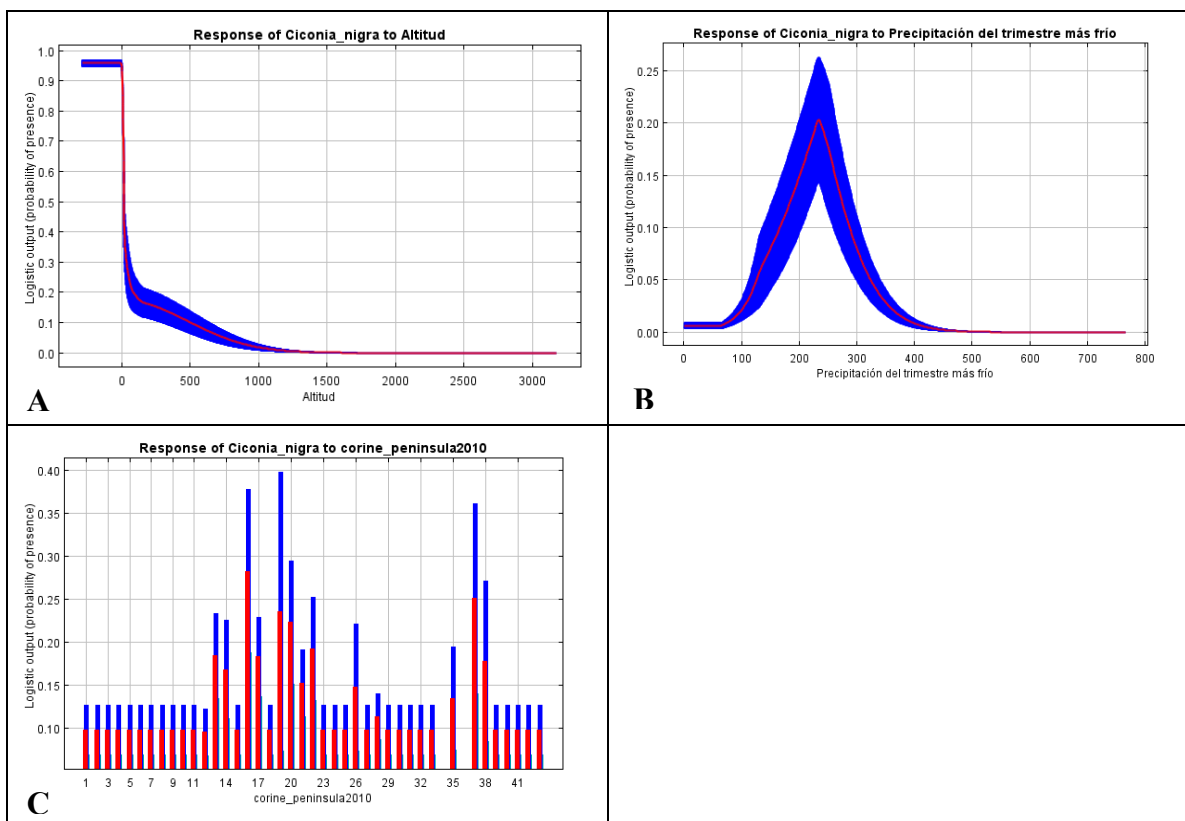


Figura 6.3. Curvas de respuestas marginales para las variables con más porcentaje de contribución. A: Altitud; B: BIO 19; C: CORINE (valores 16, 17, 19 y 20 eje de abscisas corresponde a cultivos permanentes, 13-14 corresponden a arrozales y cultivos de regadío, valores 22-24, 37 a marjales y 38 a salinas)

El modelo resultante (Figura 6.4), indica que, efectivamente áreas costeras muy determinadas donde existen humedales son las más idóneas para albergar cigüeñas negras durante el invierno en la península ibérica. Entre todas ellas destaca el entorno del *Parque Nacional de Doñana*.

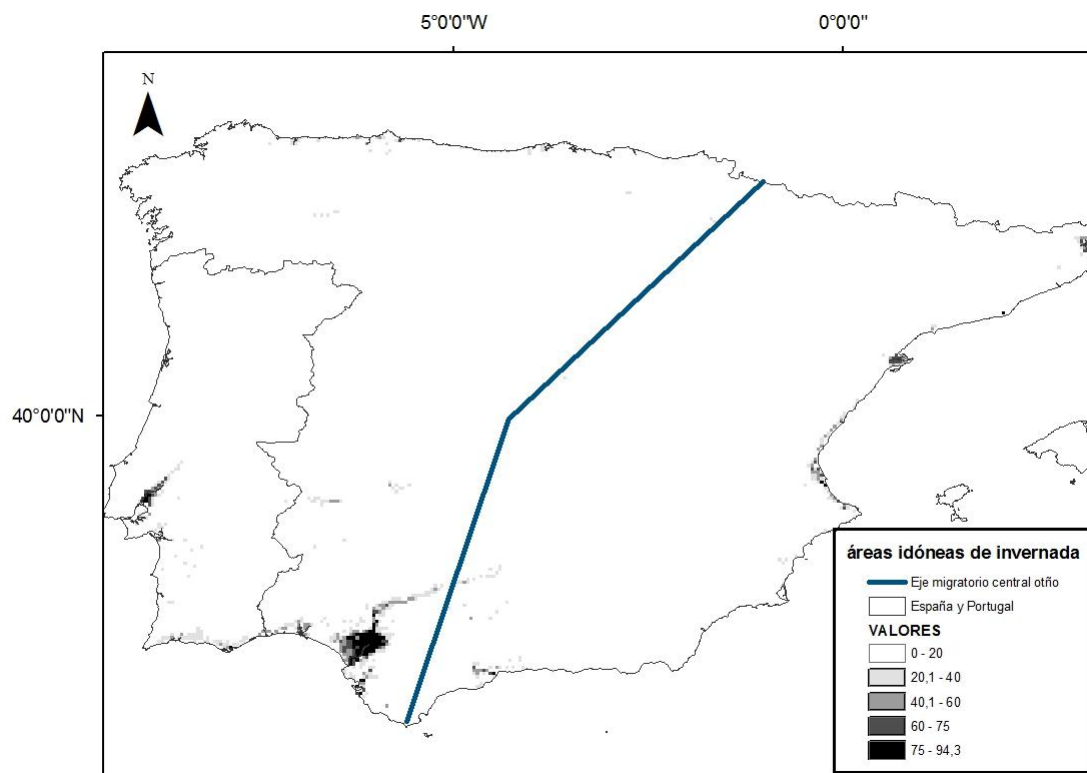


Figura 6.4. Mapa de idoneidad del territorio para la cigüeña negra en la península ibérica durante la invernada.

Validación y exploración del modelo

El índice promedio de idoneidad por cuadrícula con cigüeñas negras se correlacionó positivamente con el número de individuos localizados por cuadrícula ($r = 0,8349$; $p < 0.001$) (Figura 6.5).

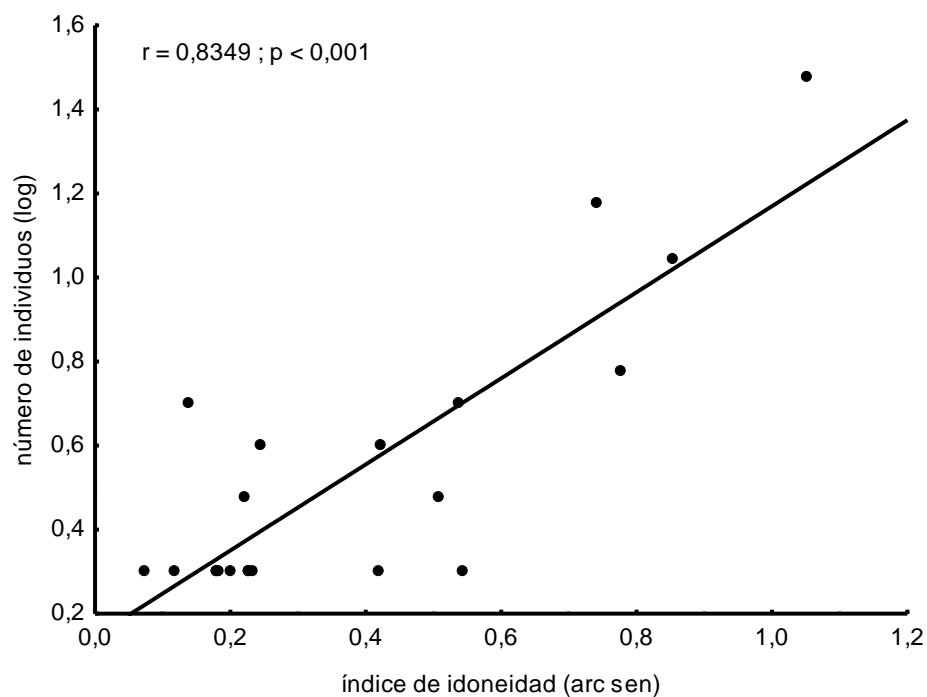


Figura 6.5. Correlación del número de individuos (transformación \log_{10}) con el índice de idoneidad de cada cuadrícula con presencia de cigüeñas negras (transformación arco seno).

Sin embargo, se constató una correlación negativa entre la presencia de individuos en las cuadrículas y la distancia al eje central de migración otoñal por la península ibérica ($r = - 0,4751$; $p = 0.0295$) (Figura 6.6).

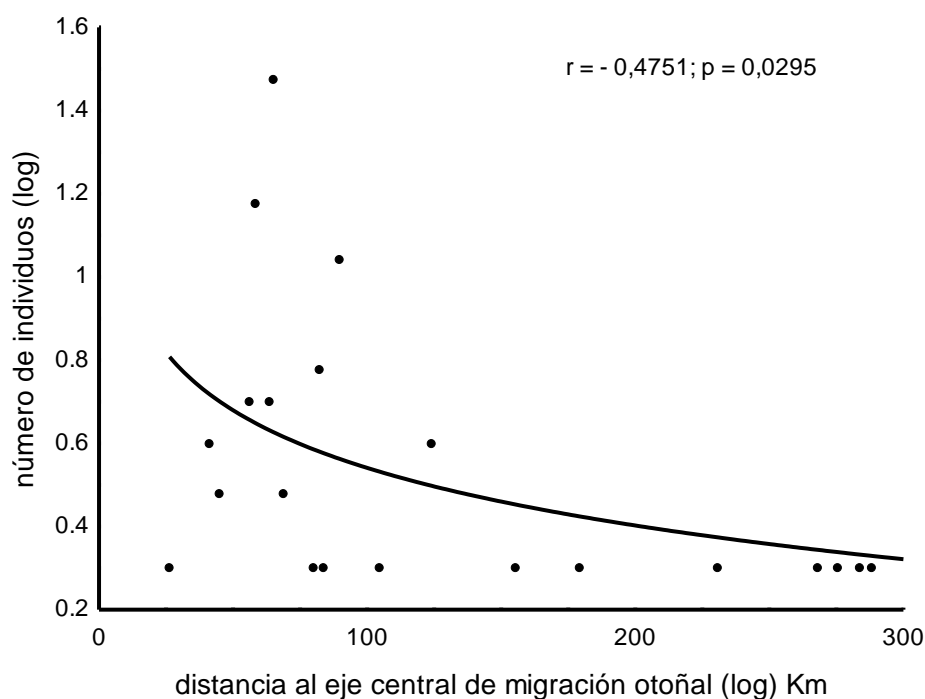


Figura 6.6. Correlación negativa entre el número de individuos y la distancia al eje central de migración otoñal de la cigüeña negra en la península ibérica (transformación \log_{10}).

El 77% de la distribución de las cigüeñas negras en invierno en Iberia es explicada por la idoneidad obtenida del modelo generado y la distancia al eje central de migración (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Resultado del modelo de regresión múltiple de la distribución de cigüeñas negras en invierno en la península ibérica.

Variable	Estimado	β	F	grados libertad	p
INTERCEPTO	1,65				
IDONEIDAD	0,96	0,78	45,57	1	< 0,001
DISTANCIA	-0,30	-0,26	5,34	1	0,03
MODELO	$F_{(2,18)} = 29,52; p < 0,001; R^2 = 0,766$				

DISCUSIÓN

El modelo señala 5 sitios principales con alta idoneidad para la invernada de cigüeña negra en la península ibérica: el *estuario del Tajo* (Portugal), el área de *Doñana*

y su periferia (Huelva-Sevilla), la *bahía de Cádiz*, la *Albufera de Valencia* y el *delta del Ebro* (Tarragona). El modelo indica otros sitios mucho más discretos, como son algún punto de la *costa sur* de Portugal y el *valle del Guadalhorce*, en Málaga. Todas estas áreas están localizadas en el piso bioclimático termomediterráneo, el cual viene definido por su escasa altura sobre el nivel del mar, una temperatura media anual entre 17 y 19 grados centígrados, una temperatura media mínima en el mes más frío entre 4 y 10 grados centígrados, siendo la media máxima para ese mismo mes entre 17 y 19 grados centígrados (Rivas-Martínez 1987). El territorio situado en este piso bioclimático ya ha sido descrito como un área importante de invernada para las aves del paleártico occidental dadas las características climáticas y la situación estratégica en la que se halla (Tellería 1987). Algunas de los enclaves predichos por el modelo son en la actualidad cuarteles de invierno para las cigüeñas negras en la península ibérica. Sin embargo, el modelo apunta otros enclaves (estuarios del Tajo y el Ebro, Albufera de Valencia), que actualmente no albergan población alguna invernante, ni tan siquiera individuos solitarios de manera estacional.

La distribución y abundancia de aves y, por tanto, la presencia o ausencia de sus poblaciones, está determinada por la calidad del hábitat: disponibilidad de alimento, riesgo de depredación, molestias humanas, etc., habiendo cada vez más evidencias que apuntan a que la abundancia y distribución de las aves también están determinadas por procesos espacio-dependientes que influyen en la relación idoneidad del hábitat y el número de aves (Johnson 2007, para una revisión). Posiblemente, uno de estos procesos influyentes sea la distancia que hay entre las áreas adecuadas para la invernada y las rutas migratorias de las aves (Tellería *et al.* 2009). Es probable que ambos factores, adecuación del hábitat y distancia geográfica al eje de migración expliquen la actual distribución de la invernada de la cigüeña negra en la península ibérica respecto a todas las áreas idóneas obtenidas mediante el modelo. En relación al hábitat, los resultados del modelo apuntan hábitats asociados a humedales como idóneos para albergar cigüeñas negras en invierno en la península ibérica. Entre todos ellos, *Doñana* y su entorno es el área idónea más amplia en el modelo, una predicción que coincide con la realidad, puesto que alberga hoy en día a la población invernante de la especie más importante de

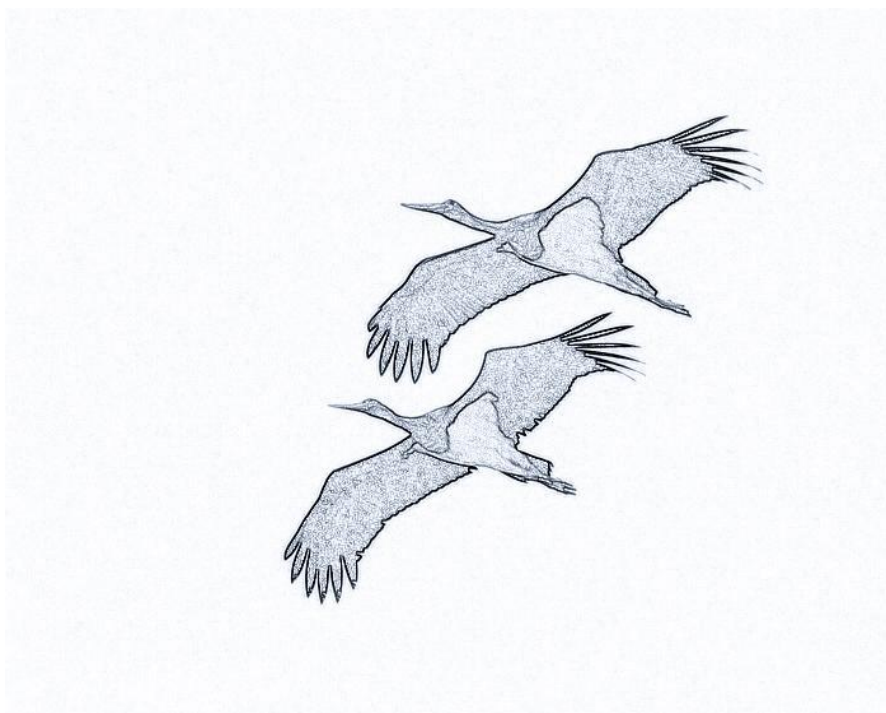


toda Europa (Cano Alonso *et al.* 2006). Otros lugares que en la actualidad albergan grupos de cigüeñas negras invernantes son la *bahía de Cádiz* y el *valle del Guadalhorce*. Este patrón de ocupación apoya la idea de que son precisamente las áreas idóneas más cercanas al eje migratorio otoñal las que son más fácilmente ocupadas por las aves invernantes respecto a otros lugares idóneos más alejados de dicho eje. Esta idea está corroborada por los resultados de este estudio, puesto que el número de cigüeñas negras decrece a medida que aumenta la distancia al eje migratorio. De acuerdo con esta visión, esta sería la razón por la que zonas idóneas semejantes a las que están ocupadas, pero alejadas del eje migratorio, están desocupadas en la actualidad. Este sería el caso de los estuarios del Tajo y Ebro, así como la Albufera. En cuanto a la ocupación actual de zonas adecuadas, especialmente reseñable es el caso de los arrozales en el entorno de *Doñana* y *Brazo del Este* (Sevilla). *Doñana* es conocida como el área de invernada más importante del paleártico occidental para las aves acuáticas migradoras (Rendón *et al.* 2008). En este contexto, los arrozales del entorno conforman un importantísimo hábitat de alimentación y parada de muchas aves acuáticas durante la migración otoñal, incluyendo la cigüeña negra (Torral y Figuerola 2010). La concentración de aves que están migrando en este área podría facilitar el asentamiento de un número mucho mayor al que se produciría sin la existencia los arrozales. En efecto, algunos autores sugieren el efecto positivo que los arrozales tienen sobre las poblaciones de aves acuáticas, y que podría estar operando a gran escala para numerosas especies a lo largo de Europa, especialmente en la región mediterránea (Czech y Parsons 2002).

Hábitat potencial y tendencias reproductivas de la población ibérica de cigüeña negra *Ciconia* *nigra*

*“Hay pues que añadir una comunidad -
autónoma, la de Madrid, donde, por fortuna, aún
cría la cigüeña negra”.*

Fernando Parra 1988. *Quercus* 31: 5, carta en
referencia al censo nacional de cigüeña negra en
España realizado en 1987.





7

Hábitat potencial y tendencias reproductivas de la población ibérica de cigüeña negra *Ciconia nigra*

INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia conocer y realizar seguimientos de los tamaños y dinámicas espacio temporales de las poblaciones animales, tanto para su conservación como para la detección y la comprensión del impacto humano sobre la biodiversidad (Lawton 1996, Julliard *et al.* 2004). La cigüeña negra *Ciconia nigra* es una especie idónea para este fin. Se trata de un ave migratoria de larga distancia, con un rango de distribución muy amplio a pesar de no ser una especie abundante en prácticamente toda su área de presencia (Strazds 2011). Además, dados sus requerimientos ecológicos, está considerada como una especie indicadora de la calidad de los ambientes que frecuenta, sobre todo de los hábitats forestales (Angelstam *et al.* 2004). Debido a estas características, ha atraído el interés internacional sobre su conservación, por lo que está en el Anexo 1 de la Directiva Aves de la Unión Europea (2009/147/CE) y en el Anexo 2 de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (“Convenio CITES”), considerada dentro de SPEC 2 por *BirdLife International* (BirdLife International 2004) e incluida dentro del Acuerdo para la Conservación de aves acuáticas migratorias africanas-eurasiáticas (AEWA, <http://www.unep-aewa.org/>).

La especie cría a lo largo del Paleártico, y presenta una pequeña población en la parte meridional de África (Del Hoyo *et al.* 1992). En Europa está compuesta por una subpoblación que se distribuye ampliamente desde los países bálticos por el noreste hasta el centro de Francia por el suroeste, y por otra pequeña subpoblación aislada geográficamente del resto en la península ibérica, en el extremo occidental del

Paleártico. La población europea, después de una paulatina disminución y desaparición en algunas áreas durante la primera mitad del siglo XX, fue aumentando progresivamente durante su segunda mitad (Cano y Tellería 2011) y recolonizando durante las últimas décadas determinados sectores occidentales de su área de distribución centroeuropea (Strazds *et al.* 1996). Este aumento contrasta con el declive detectado en los países bálticos desde los años noventa del siglo pasado (Lõhmus *et al.* 2005, Treinys *et al.* 2008, Strazds 2011).

Sin embargo, se desconoce totalmente la tendencia real de la aislada subpoblación ibérica. Su evolución a principios del presente siglo fue considerada como en “*alza*” en España, mientras que en Portugal se consideró como “*estable*” (BirdLife International 2004). Por tanto, la evolución de esta población no parece preocupante, aunque es difícil tener una opinión clara sobre el particular. Las principales razones son la propia dificultad de censo de la especie, carencia de un protocolo y esfuerzo de censo específico y homogéneo entre regiones y entre los dos países ibéricos, y la dispersión de la información entre las comunidades autónomas españolas que albergan parejas reproductoras. González y Merino (1988) subrayaron la dificultad para establecer la distribución histórica de la especie en España y su evolución demográfica a lo largo del siglo XX y Cano Alonso y Hernández García (2003) consideraron que no se disponen de datos poblacionales de referencia de cigüeña negra anteriores al censo nacional realizado en 1987 (González 1987). A pesar de que dicho censo mostró ser incompleto, tanto en el tamaño de la población como en su área de nidificación (Parra 1988, Sánchez *et al.* 1993), supone un punto de partida para establecer la población reproductora española en los años ochenta del siglo XX, estimada en 175 parejas (130 seguras y 45 posibles). Durante los años noventa se comprobó mediante continuados seguimientos realizados por distintas administraciones autonómicas que la cifra real era significativamente mayor. A mediados de los noventa se estimó la población española entre 230-288 (Sansegundo 1997) y 300 parejas (Heredia y Soto-Largo, 1996). Este aumento en las estimas del número de parejas a finales de los noventa del siglo pasado parece ser debido principalmente a una mejor prospección del territorio, siendo muy limitada la ampliación del área de distribución conocida hacia el centro-este y norte de



la península ibérica, tendencia que también se manifiesta hacia el oeste peninsular, en territorio portugués (Cano Alonso *et al.* 2006).

En este trabajo se estudian el hábitat potencial y las tendencias del éxito reproductor de la población ibérica a pesar de las limitaciones y dificultades expuestas anteriormente. Obviamente no se pueden conocer con certeza los cambios demográficos acaecidos en la población, pero sí se puede explorar su tendencia en las dos últimas décadas de seguimientos de su esfuerzo reproductivo. Teniendo en cuenta que aproximadamente solo un 10% de la población en libertad alcanzan los 11 años de edad (Tamás 2011), el periodo considerado es suficiente para explorar la tendencia de esta población entre generaciones. Tampoco se puede conocer la evolución espacial de la población, pero sí se puede indagar por métodos indirectos si la especie ocupa todo el territorio potencialmente disponible o, por el contrario, está constreñida a ciertos enclaves. En concreto en este capítulo se abordan dos cuestiones básicas:

Tendencias del éxito reproductor de la población ibérica

La fracción más grande de la subpoblación europea presenta tendencias opuestas, al estar en franco declive en los países bálticos mientras existe una notoria recuperación en el centro y oeste de Europa (Treinys *et al.* 2008). Esto pareciera indicar un fuerte componente geográfico en la evolución numérica de las poblaciones de la especie, que invita a indagar sobre las tendencias de la aislada subpoblación ibérica. Para ello se analiza la evolución de su éxito reproductivo, un índice de su evolución demográfica.

Distribución espacial y hábitat potencial de la población reproductora ibérica

Dado el escaso conocimiento histórico demográfico y de distribución de la especie en la península ibérica (González y Merino 1988, Equipa Atlas 2008), no es posible establecer con certeza los cambios en su distribución espacial. Sin embargo, el uso de nuevas herramientas de modelización de la distribución de especies puede

señalar si todo el hábitat potencialmente adecuado para la cigüeña está siendo ocupado o no en Iberia (Elith *et al.* 2006).

MATERIAL Y MÉTODOS

Tendencias reproductoras de la población ibérica

Se recopilaron datos del inicio de reproducción en 387 nidos de cigüeña negra en España entre 1994 y 2009, ambos incluidos. La información recogida fue: localización del nido, sustrato de nidificación, ocupación del nido (ocupado o vacío), número de pollos nacidos (no en todos los casos se pudo confirmar este parámetro) y número de pollos volados. Cada nido vacío se consideró como “no intento” de reproducción y fue excluido del análisis. Los datos en Castilla y León y Madrid correspondieron a datos oficiales facilitados por estas comunidades autónomas, mientras que los datos de Extremadura y Castilla La Mancha fueron facilitados por naturalistas experimentados a escala provincial. Con el fin de conocer las fluctuaciones interanuales de la productividad de cigüeña negra en España durante el periodo considerado en este estudio, se calculó el promedio anual de productividad entendido como el número de pollos volados por nido en donde se inició la reproducción. Para explorar las tendencias de la reproducción en España se compararon las productividades medias obtenidas entre los quinquenios 1994 -1998 y 2005 – 2009 (Tabla 7.1). Se realizaron dos análisis adicionales para contrastar la tendencia resultante. El primero de ellos consistió en comparar las productividades medias en 16 nidos de los que se tenían datos en ambos quinquenios para ver si existía una misma tendencia tanto considerando toda la población en su conjunto como solo ciertos nidos control, que eran aquellos con datos para ambos periodos. El segundo análisis consistió en replicar de nuevo el primer análisis incluyendo los datos existentes para la fracción de la población ibérica que cría en Portugal en dichos quinquenios (Tabla 7.1). Estos últimos datos fueron facilitados por el *Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas*¹.

¹ Los datos corresponden a parejas que nidifican en el norte y sur de Portugal.



Tabla 7.1. Productividad entendida como el promedio de pollos volados por nido de cigüeña negra ocupado en España, Portugal y población ibérica en su conjunto, entre los años 1994 – 1998 y 2005 – 2009. N: número de nidos utilizados para calcular el promedio.

Año	ESPAÑA		PORTUGAL		IBERIA	
	N	Promedio	N	Promedio	N	Promedio
1994	9	2,66	8	1,75	17	2,20
1995	16	2,31	18	2,61	34	2,46
1996	17	2,17	15	2	32	2,09
1997	20	2,45	19	2,63	39	2,54
1998	19	2,05	19	2,58	38	2,31
2005	53	1,47	8	1,25	61	1,36
2006	61	1,65	16	1,87	77	1,76
2007	103	1,19	15	2,26	118	1,73
2008	68	0,69	7	1,71	75	1,20
2009	22	1,18	7	2	24	1,60

Distribución espacial y hábitat potencial de la población reproductora ibérica

Se recopiló información de la ubicación de 497 nidos en España desde los años ochenta del siglo XX hasta 2011 en todas las comunidades autónomas con presencia de la especie. Los datos para Andalucía, Castilla y León y Madrid fueron proporcionados por las propias comunidades autónomas. Los datos de Castilla La Mancha y Extremadura fueron cedidos por naturalistas expertos en cada una de las provincias.

El área de estudio abarca toda la península ibérica (ver capítulo 6). Se seleccionaron aquellas variables ambientales que han sido descritas como relevantes para el establecimiento del área de nidificación de la especie. De forma preliminar se incluyeron las 19 variables de la base de datos *Worldclim* (<http://www.worldclim.org/>) puesto que el clima afecta considerablemente a la nidificación de la especie (Tamás 2012). Además, se consideraron otros efectos descritos en la bibliografía, como la interferencia humana y la proximidad de cursos de agua (Ferrero y Román 1991, Jadoul y Cabaret 2003, Vlachos *et al.* 2008). Por ello, se usaron las variables de huella humana (Sanderson *et al.* 2002) y distancia del nido a cursos de agua. Igualmente, se utilizaron otras variables topográficas descritas como relevantes para la ubicación del nido, como la altitud (Jadoul y Cabaret 2003), la pendiente (Jadoul y Cabaret 2003, Fontaneto *et al.*

2006, Vlachos *et al.* 2008) y la insolación (Jadoul y Cabaret 2003, Carrascal *et al.* 2006). Todas las variables topográficas fueron creadas a partir de un Modelo Digital del Terreno de tamaño de pixel 1x1 km con el programa ArcGIS® 10.0. Finalmente, se eligieron dos variables relacionadas con la estructura de la vegetación y los hábitats. La cobertura arbórea tiene una importancia fundamental para la nidificación de la cigüeña negra (Fontaneto *et al.* 2006, Vlachos *et al.* 2008), por lo que se utilizó la información disponible a través de *Global Land Cover Facility* (<http://www.glcf.umd.edu/data/gimms/>, Pinzón *et al.* 2005, Tucker *et al.* 2005). El CORINE 2006 *land cover* (versión 15/2011: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database-3>) fue utilizado como variable que determina no solo la estructura de la vegetación, sino diferentes hábitats (tipos de vegetación) para la especie. Todas las variables fueron creadas a una escala de resolución de pixel 1x1 km.

Para este análisis se utilizó el programa *MaxEnt* (Phillips *et al.* 2006, Phillips y Dudík 2008) siguiendo el mismo protocolo desarrollado en el apartado de *Material y Métodos* del capítulo 6. Tras el análisis de correlaciones entre variables (ver apartado *Material y Métodos* del capítulo 6), se obtuvo el siguiente set final de variables independientes: BIO 1 (temperatura media anual), BIO 2 (el rango de temperatura diurno medio), BIO 3 (isotermalidad), BIO 8 (temperatura media del trimestre más húmedo), BIO 9 (temperatura media del trimestre más seco), BIO 12 (precipitación total anual), BIO 15 (estacionalidad de las precipitaciones –coeficiente de variación–), BIO 18 (precipitaciones en el trimestre más cálido), INSOLA (insolación), PEND (pendiente), DISTRIO (distancia a río), CORINE (tipo de vegetación), VEG (cobertura arbórea), y HUMAN (huella humana).

Análisis de los datos

Se realizaron ANOVAs de medidas repetidas para explorar la significación de las diferencias en las productividades promedio obtenidas interanualmente, y entre los quinquenios 1994-1998 y 2005-2009, tanto en España y Portugal, como conjuntamente.



Para analizar las tendencias de las parejas control en la población español se llevó a cabo un test-t para datos dependientes (prueba de Wilcoxon para datos pareados). Todos los análisis fueron realizados usando la versión 7.0 de STATISTICA para *Windows* (StatSoft 2004).

RESULTADOS

Tendencias reproductoras de la población ibérica

El promedio global en España de pollos volados por nido ocupado obtenido en el periodo 1994-2009 fue de $1,86 \pm 0,14$ (media \pm error estándar) pollos por nido. En este intervalo se detectaron oscilaciones anuales en la productividad, siendo algunas de ellas muy conspicuas (Figura 7.1, $F_{15, 120} = 3,41$; $p < 0,05$).

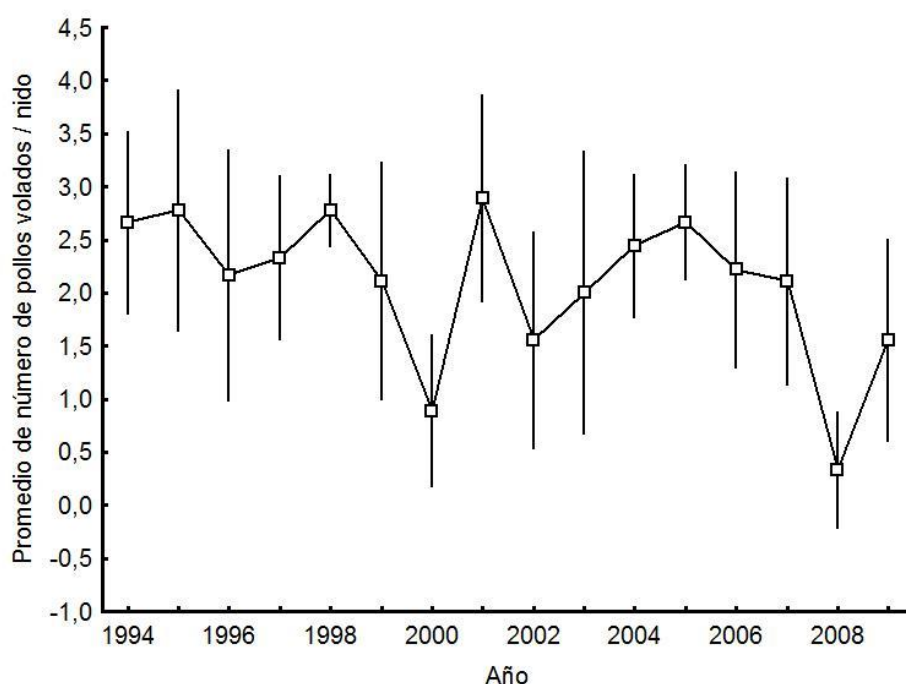


Figura 7.1. Evolución interanual del número medio de pollos volados por nido ocupado en España (periodo 1994 - 2009). Las barras verticales representan el intervalo de confianza al 95%.

Los resultados obtenidos reflejan un declive en la productividad de pollos de cigüeña negra que vuelan en España entre los años noventa del siglo XX y una década posterior. Se ha encontrado una tendencia descendente significativa en la productividad entre quinquenios 1994 - 1998 y 2005 - 2009 ($F_{1, 81} = 10,46$; $p = 0,0018$), que solo se insinúa en las parejas control de la población (parejas con datos de reproducción en los mismos nidos en ambos periodos), aunque en este caso las diferencias no son significativas (test de Wilcoxon $t = 1,41$, grados de libertad = 15; $p = 0,177$). Cuando se analizan las productividades medias anuales entre quinquenios de las fracciones portuguesa y española (Tabla 7.1), obtenidas de manera independientes y con un seguimiento diferente, se confirma el declive que sufre la productividad de la población ibérica en su conjunto ($F_{1, 9} = 55,92$; $p < 0,001$, Figura 7.2).

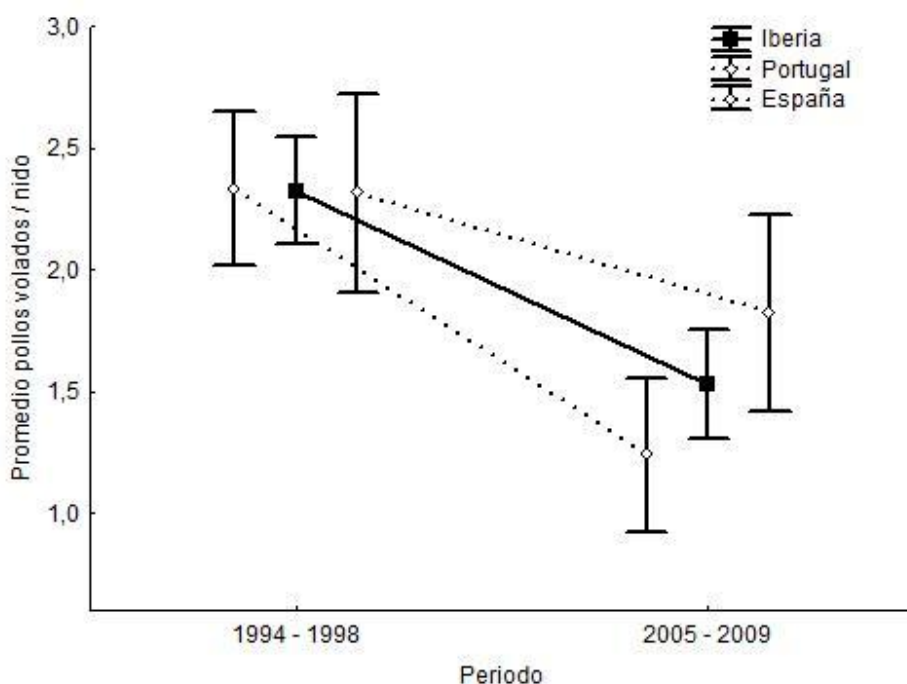


Figura 7.2. Tendencia de la productividad de cigüeña negra entre los periodos 1994 – 1998 y 2005 – 2009 en España, Portugal y en el conjunto de la población ibérica. La productividad es entendida como el promedio de número de pollos volados por nido ocupado. Las barras representan el intervalo de confianza al 95%.



Distribución espacial y hábitat potencial de la población reproductora ibérica

La curva ROC producida por *MaxEnt* (Figura 7.3) indica una buena precisión del modelo, esto se observa porque los datos de análisis generan un área bajo la curva de 0,937, valor superior al umbral establecido como óptimo (0,8).

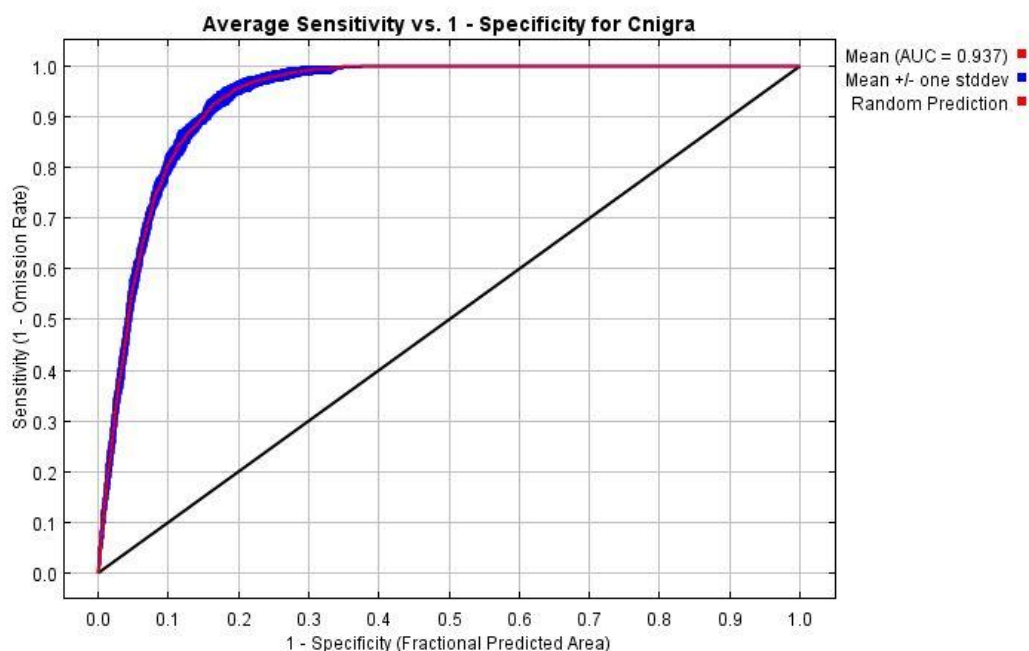


Figura 7.3. Validación del modelo generado mediante el programa *MaxEnt*. Nivel de significación bajo la curva ROC.

Como se ha explicado en el capítulo anterior, *MaxEnt* realiza dos acercamientos para estudiar cómo afectan las variables a la distribución de la especie. El primero se basa en un análisis heurístico similar a un Modelo General Lineal. Cada paso del algoritmo de *MaxEnt* incrementa la ganancia del modelo mediante la modificación del coeficiente para una única característica; el programa asigna el incremento en la ganancia a la(s) variable(s) ambiental(es), de las cuales depende dicha característica, haciendo después una conversión a porcentajes al final del proceso de análisis. De esta primera aproximación podemos ver que las precipitaciones en el trimestre más caliente (BIO 18), el tipo de vegetación (CORINE), la influencia humana (HUMAN) y la isothermalidad (BIO 3) son las variables que tienen una contribución más importante en el modelo. En menor porcentaje se encuentran la cobertura arbórea (VEG) y la distancia

a ríos (DISTRIO). La influencia del resto de las variables se puede considerar como muy reducida o nula (Tabla 7.2).

Tabla 7.2. Porcentaje de contribución de cada variable al modelo. Los símbolos entre paréntesis muestran la tendencia de las curvas de respuesta para las variables cuantitativas (+ incremento; - descenso; = sin cambios)

Variable	Porcentaje de contribución
BIO 18 – precipitaciones en el trimestre más caliente	36,8 (-)
CORINE – corine land cover	13,7
HUMAN – influencia humana	8,8 (-)
BIO 3 – isothermalidad	8,5 (-)
VEG – cobertura arbórea	7,4 (+)
DISTRIO – mínima distancia a ríos	6,5 (-)
BIO 2 – rango de temperatura diurno medio	5,7 (=)
BIO 15 – estacionalidad de las precipitaciones	4,4 (-)
PEND – pendiente	3,6 (+)
BIO 12 – precipitación total anual	2,3 (-)
BIO 9 – temperatura media del trimestre más seco	1 (=)
BIO 8 – temperatura media del trimestre más húmedo	0,8 (-)
INSOLA – insolación	0,3 (=)
BIO 1 – temperatura media anual	0,3 (=)

Como segundo análisis se realizaron pruebas *Jackknife* (Figura 7.4). Las pruebas *Jackknife* generan tres modelos diferentes y los representa en una gráfica de barras (ver apartado *Material y Métodos* del capítulo 6).

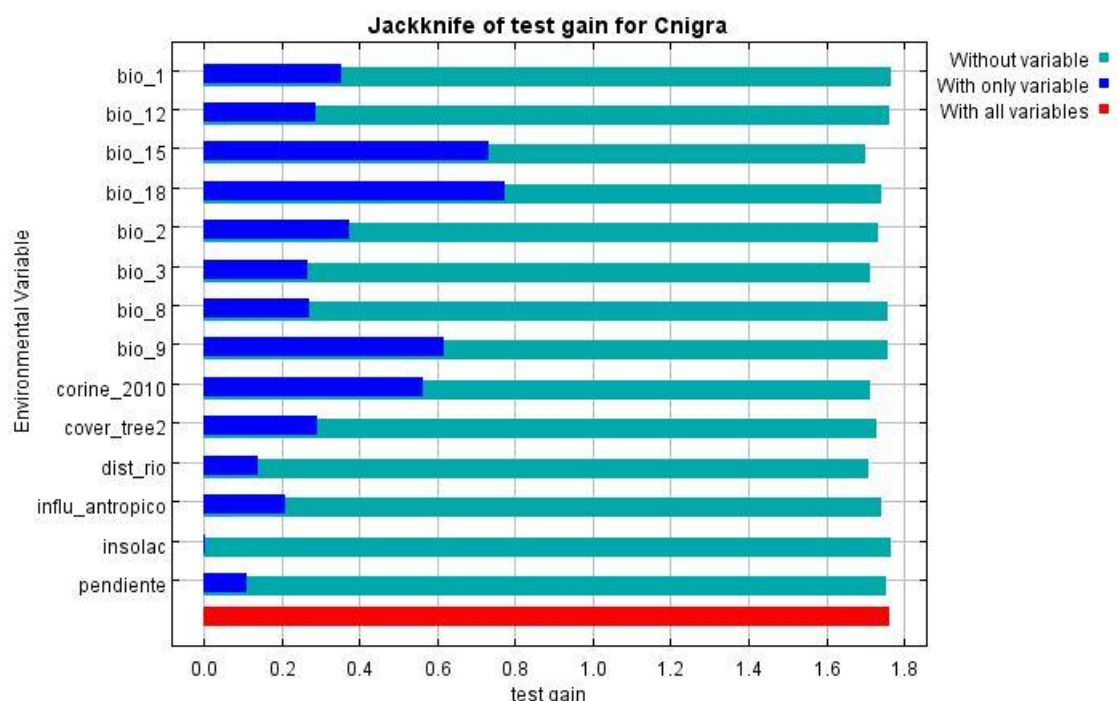


Figura 7.4. Análisis de *Jackknife* para las diferentes variables estudiadas. Barra oscura: peso de cada variable por sí misma; barra clara: peso de todas las variables excluyendo la considerada; rojo: peso conjunto de todas las variables

Según este análisis, se observa que las variables climáticas (especialmente las relacionadas con las precipitaciones), seguidas del tipo de vegetación, por sí solas, explican en mayor medida el modelo. Entre las variables topográficas, tan solo la distancia a río parece tener cierta importancia porque su ausencia provoca un peor ajuste al modelo (se puede comprobar cómo la barra clara resulta ligeramente más corta). La precipitación en el trimestre más caliente (BIO 18), la estacionalidad de las precipitaciones (BIO 15), y el tipo de vegetación (CORINE) son las que contribuyen con más información al modelo y sus ausencias provocan un peor ajuste del resto de variables (igualmente se puede comprobar cómo las barras claras resultan ligeramente más cortas). La temperatura media del trimestre más seco (BIO 9) aporta información significativa pero su ausencia no modifica sustancialmente el modelo. Por último, se aprecia cierta importancia de la distancia a río (DISTRIO) y la influencia humana (HUMAN) al modelo. A pesar de que sus contribuciones están en su segundo orden respecto a las variables anteriores.

Las siguientes curvas de respuesta marginales muestran como cada variable ambiental afecta al modelo predictivo producido por *MaxEnt* para *Ciconia nigra*, sin considerar sus relaciones. Según dichas gráficas (Figura 7.5), los hábitat de las áreas de nidificación de la especie en la península ibérica son bosques seminaturales, “*minas, presas o embalses*” y cursos de agua continentales caracterizados por ser áreas con escasas precipitaciones en el trimestre más cálido (rango 25 – 35 mm), mínima influencia humana, y que presenta rangos diurnos de temperatura en un tercio aproximadamente de los rangos de temperatura anuales.

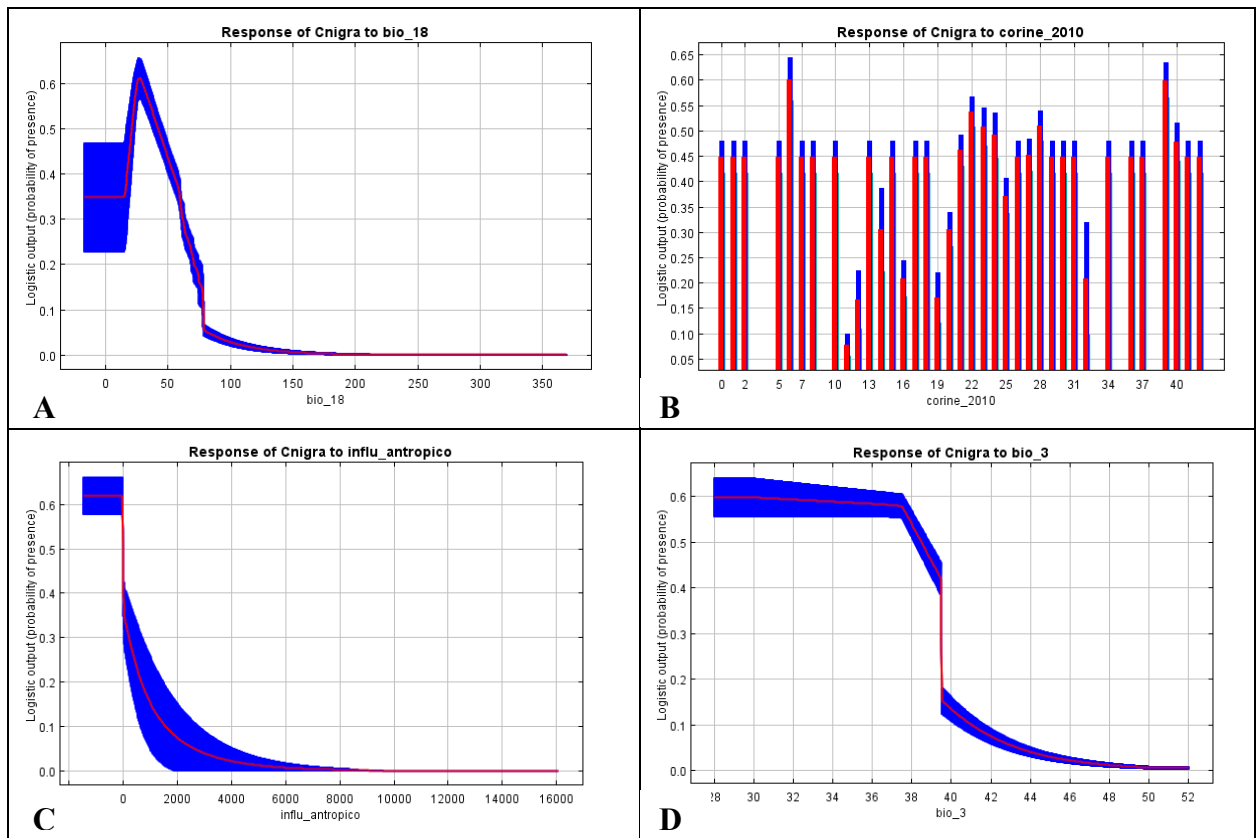
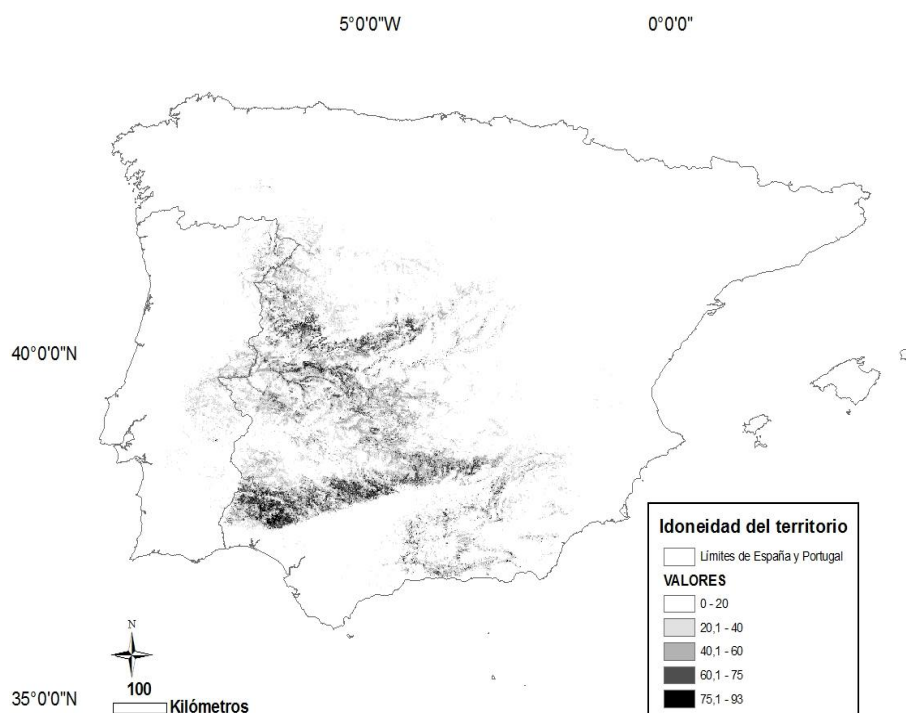


Figura 7.5. Curvas de respuestas marginales para las variables con más porcentaje de contribución. A: BIO 18; B: CORINE (valor 6 eje de abscisas corresponde a minas y embalses, valores 22-24 a bosques semi-naturales y 39 a cursos de aguas continentales); C: HUMAN, D: BIO 3

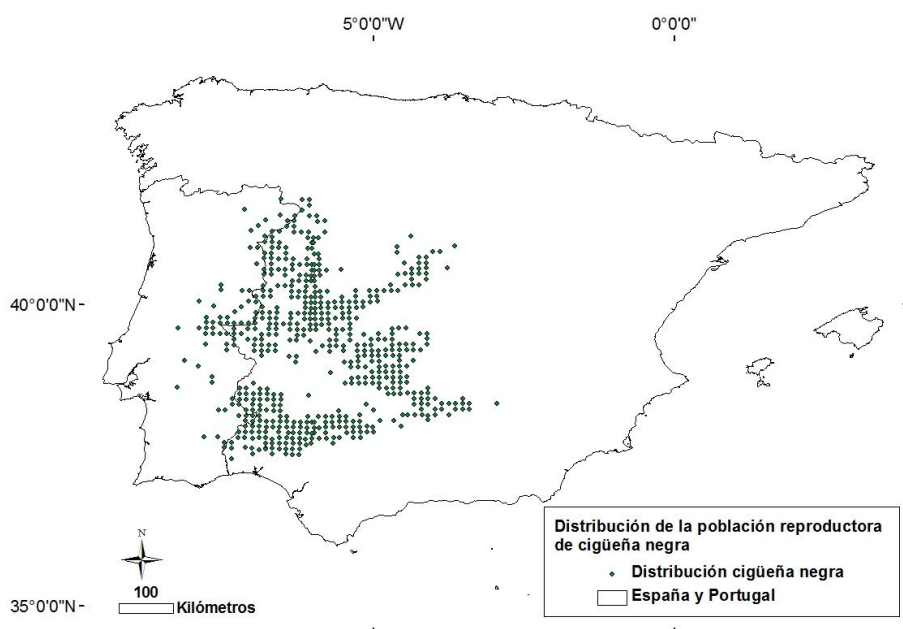
El modelo resultante (Figura 7.6.a) indica que, en el cuadrante suroccidental de la Península se localizan las mejores áreas para la distribución de la población ibérica de cigüeña negra, extendiéndose la idoneidad hacia áreas más centrales de la Península a lo



largo de los valles formados por los grandes cursos de agua (principalmente las cuencas del Tajo, Guadiana y Guadalquivir).



Mapa 7.6.a



Mapa 7.6.b

Figura 7.6. El mapa 7.6.a representa el modelo de idoneidad ambiental del territorio para la cigüeña negra en la península ibérica durante la reproducción. En el mapa 7.6.b se muestra el área de distribución real conocida de la especie en Iberia.

Según el modelo, la depresión del valle del Guadalquivir constituye un foso ambiental infranqueable en el que la especie no encontraría áreas adecuadas para dar continuidad a su distribución meridional. Especialmente notable es la existencia, sin embargo, de áreas adecuadas óptimas según el modelo tanto en la cordillera Subbética como la Penibética.

De hecho, las áreas óptimas coinciden en su gran mayoría con las provincias (España) y distritos (Portugal) en las que se conocen la presencia de la especie. Tan solo Almería, Granada y Málaga presentan áreas óptimas, pero no albergan en la actualidad parejas reproductoras conocidas.

DISCUSIÓN

Tendencias reproductoras de la población ibérica

El promedio de pollos volados por nido ocupado $1,86 \pm 0,14$ pollos (media \pm S.E.) en el periodo 1994 – 2009 supone una productividad similar a la encontrada en otras poblaciones europeas. En Letonia por ejemplo, en el otro extremo del área de distribución de la subpoblación europea de la especie, Strazds (2011) obtuvo una productividad de $1,81 \pm 1,35$ (media \pm S.E.) pollos/nido ocupado en el periodo 1979 – 2010. Igualmente, la serie de productividad de la fracción poblacional española muestra oscilaciones interanuales típicas de la especie en otras áreas europeas (Strazds 2011, Tamás 2012).

Sin embargo, todos los resultados obtenidos en este estudio apuntan a que la productividad de la población ibérica de cigüeña negra en su conjunto ha disminuido significativamente en las últimas generaciones. Este descubrimiento pone de manifiesto que no solo la población europea está sufriendo una caída de la productividad en los países bálticos (Lõhmus *et al.* 2005, Treinys *et al.* 2008, Strazds 2011), sino también en su extremo suroccidental en la península ibérica. Este declive en la tendencia productiva de las poblaciones periféricas en Europa pudiera ser interpretado siguiendo las conclusiones obtenidas en los estudios realizados en los países bálticos. En ellos se



descartan factores locales tales como el manejo del bosque y las molestias humanas (Rosenvald y Löhmus 2003, Löhmus *et al.* 2005, Treinys *et al.* 2008), apuntando factores más globales, tales como cambios en el clima, que estarían modificando la calidad del hábitat (Treinys *et al.* 2008), y que podría estar afectando a la especie en áreas donde las condiciones ambientales son más restrictivas, como son el área mediterránea y el norte de Europa. El modelo obtenido avala esta hipótesis puesto que hay variables climáticas que contribuyen principalmente en la idoneidad del territorio a escala ibérica, destacando por encima de cualquiera las que tienen que ver con las precipitaciones.

Distribución espacial y hábitat potencial de la población reproductora ibérica

El patrón espacial obtenido en el modelo realizado denota que la población ibérica estaría ocupando casi todo el territorio idóneo. Este resultado está acorde con otros modelos realizados recientemente para la cigüeña negra en un contexto ibérico (Araújo *et al.* 2011). Sin embargo, existen áreas que, reuniendo atributos ambientales idóneos para la especie, no son ocupadas por ella. En este sentido, es especialmente relevante que el modelo señale las cordilleras Subética y Penibética como áreas con potencialidad ambiental porque González y Merino (1988) citan datos de cría histórica en Málaga y Granada, provincias por donde discurren estas cordilleras, aunque estas citas no han podido ser contrastadas en las fuentes históricas de información (Machado 1854, López Seoane 1861, Arévalo y Baca 1887). Los hábitat idóneos obtenidos con el modelo coincide con los típicos descritos tanto en la literatura clásica de la especie (Cramp y Simmons 1977, del Hoyo *et al.* 1992), como en la más actual (Jadoul y Cabaret 2003, Rosenvald y Löhmus 2003, Löhmus *et al.* 2005, Fontaneto *et al.* 2006, Treinys *et al.* 2008, Vlachos *et al.* 2008): áreas boscosas más o menos intervenidas, con las menores molestias humanas posibles. Esta tendencia a seleccionar áreas con molestias humanas de baja intensidad ya ha sido anteriormente constatado en el caso de la cigüeña negra en Iberia durante las concentraciones postreproductivas (Moreno-Opo *et al.* 2011). Adicionalmente, el modelo es sensible detectando características específicas de la población reproductora ibérica. Esta es parcialmente rupícola (ver

siguiente capítulo para un tratamiento más profundo), y por ello en la curva de respuesta las “*minas y presas*” son hábitats con alta probabilidad de presencia (Figura 7.5). En realidad es el reflejo de una alta selección por cantiles rocosos y canteras abandonadas en hábitats clasificados en el CORINE como “*minas y presas*”, y que tienen una disponibilidad relativamente baja respecto al resto de hábitats. La cigüeña negra encuentra repisas en canteras abandonadas como sustrato de nidificación en España, comportamiento también exhibido por la subpoblación surafricana (Cannell *et al.* 1996). Esta elección alternativa se ha podido constatar en Extremadura, Castilla y León, Madrid, y especialmente Andalucía (Ferrero y Pizarro 2003, datos inéditos Junta de Andalucía, Cano, datos propios). Pero sin duda, el resultado más relevante del modelo es la importancia que tienen las precipitaciones (escasas, entre 25 - 35 mm) en el trimestre más cálido. Algunos estudios han puesto de manifiesto el efecto pernicioso que pueden tener las altas precipitaciones durante el periodo de nidificación en la tasa de pollos volados en aves como grullas (Ivey y Dugger 2008), cigüeñas blancas (Jovani y Tella 2004) y, recientemente, se ha demostrado también en cigüeña negra (Tamas 2012). Aparte de las condiciones meteorológicas, y en ocasiones correlacionada con ellas, la calidad del hábitat, entendida como la abundancia de recursos tróficos durante la nidificación, tiene igualmente una especial incidencia en la tasa de vuelo al final del periodo de cría las especies (por ejemplo, Griffin *et al.* 2008). Según los resultados obtenidos, la cigüeña negra seleccionaría áreas en la península ibérica donde hayan precipitaciones relativamente escasas durante los meses cruciales de reproducción (que se solapan ampliamente con los de alta temperatura en la península ibérica), evitando zonas de mayores precipitaciones, a la vez que obtiene alta disponibilidad trófica al tratarse de una especie piscívora (Domínguez *et al.* 1985, Chevallier *et al.* 2008). Efectivamente, los sustratos silíceos de los arroyos y ríos localizados en el cuadrante suroccidental de la península ibérica, el área que ocupa la población reproductora de cigüeña negra, forman lechos impermeables que permiten la presencia de charcones y tablas de agua, incluso en el verano cuando no hay caudal en los cursos de agua (Arenillas y Sáenz 1987). Estas masas de agua mantienen alimento en alta disponibilidad a lo largo de los meses cruciales de la reproducción. De más difícil interpretación, sin embargo, es la importancia de la isothermalidad en la idoneidad de las áreas de nidificación de la cigüeña negra.



Perspectivas

De acuerdo con los resultados del estudio el área de distribución idónea para la especie en la península ibérica estaría ocupada en su mayoría, y la productividad de la población está decreciendo en las últimas generaciones. Dada la carencia de datos anteriores, es muy difícil analizar qué procesos pueden estar actuando. Podría ocurrir que la subpoblación haya crecido hasta un límite y se esté produciendo un ajuste poblacional. Alternativamente, puede que cambios ambientales y/o de hábitat estén determinando unas tendencias reproductoras decrecientes. El seguimiento de la población en los próximos años con un protocolo igual para todas las regiones sería muy deseable para obtener una evolución demográfica real de la población. Igualmente sería preciso hacer un seguimiento de los cambios ambientales y alteraciones de hábitat que se producen en su área de distribución para desentrañar qué procesos están actuando realmente sobre el éxito reproductor de la misma. Pero también el seguimiento de la población ibérica es importante para conocer qué está ocurriendo con la especie a una escala espacial europea. El rango de distribución de la especie y sus requerimientos ecológicos permite estudiarla en distintos escenarios ambientales, lo que hace a la cigüeña negra una especie ideal para detectar, por ejemplo, cambios ambientales que pueden afectar a las condiciones de los hábitats en un gradiente espacial muy significativo.

APÉNDICE

Una vez terminado este capítulo para la presentación de esta tesis doctoral, se ha seguido profundizando en los resultados obtenidos. Según el estudio presentado, las precipitaciones en el trimestre más cálido es la variable ambiental que más contribuye en el modelo obtenido, indicando que la idoneidad de las localizaciones de nidos en Iberia se encuentra en áreas donde las precipitaciones son escasas durante este trimestre; entre 25 – 35 mm. Con precipitaciones superiores a este rango se produce un desplome en la idoneidad en el modelo (Figura 7.5.a). Recientemente, se ha demostrado que el número de pollos volados de cigüeña negra en las planicies aluviales de Hungría depende, y tiene una correlación negativa, con la cantidad de precipitaciones en mayo y junio, así como con la duración de las lluvias durante el periodo de reproducción (Tamás 2012). Con la colaboración del Área de Física de la Tierra² de la Facultad de Ciencias del Medio Ambiente de la Universidad de Castilla-La Mancha, se obtuvieron y trataron una serie de datos meteorológicos oficiales de la Agencia Estatal de Meteorología (ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/) de las estaciones localizadas dentro de la actual área de distribución de la cigüeña negra en España. Concretamente, se calcularon los valores medios de las precipitaciones durante los meses de marzo – junio de 1994 a 2009, meses en los que se produce en España mayoritariamente la puesta, incubación y eclosión de los huevos, así como el desarrollo de los primeros estadios de los pollos (datos propios). Se analizó la correlación de estos valores con la productividad (número de pollos volados por nido ocupado) durante el mismo periodo (Tabla 7.1). El resultado de este análisis indica una relación negativa significativa ($r = -0,6111$; $p = 0,0119$; $n = 16$) puesto que la productividad disminuye a medida que aumentan las precipitaciones durante la primavera, al igual que en otras áreas geográficas europeas (Tamás 2012) para este especie, o lo que ya se ha descrito para la cigüeña blanca en la península ibérica (Jovani y Tella 2004). No obstante, lo más interesante es la validación del modelo realizado con los datos de productividad y precipitaciones durante la primavera en el área de distribución. Al ajustar la curva de la correlación a una regresión polinómica de segundo grado (Figura 7.7) se observa que se

² Proyecto POH100255-8836, 2010-2013



obtiene el mismo patrón al predicho por el modelo con las precipitaciones en el trimestre más seco y la idoneidad del territorio (Figura 7.5.a).

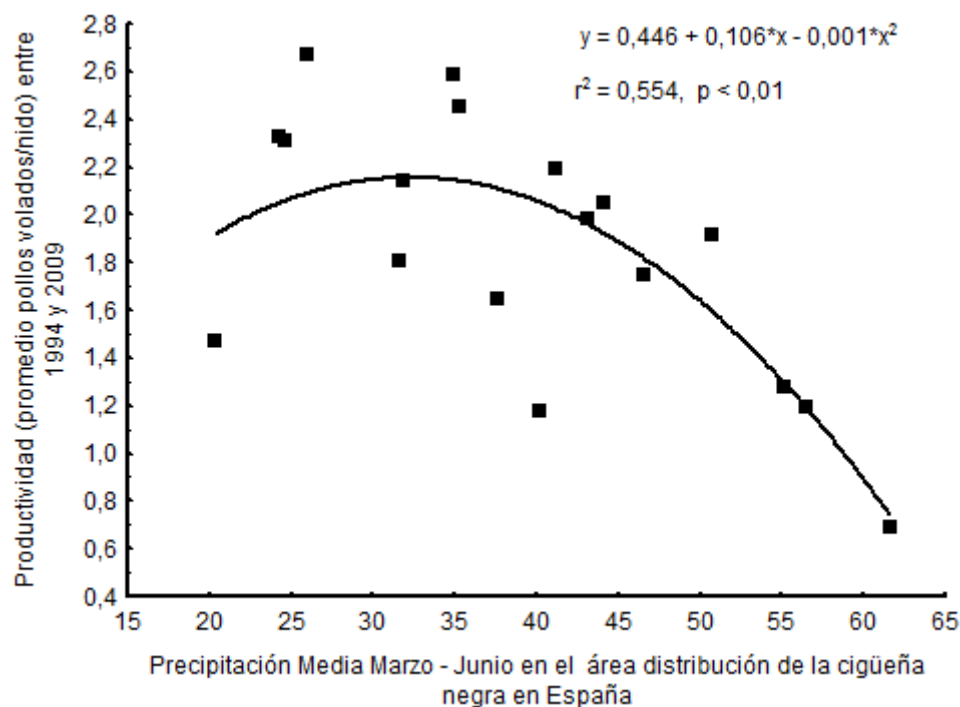


Figura 7.7. Correlación de la productividad de cigüeña negra y la precipitación media en su área de distribución en España en el periodo 1994 – 2009.

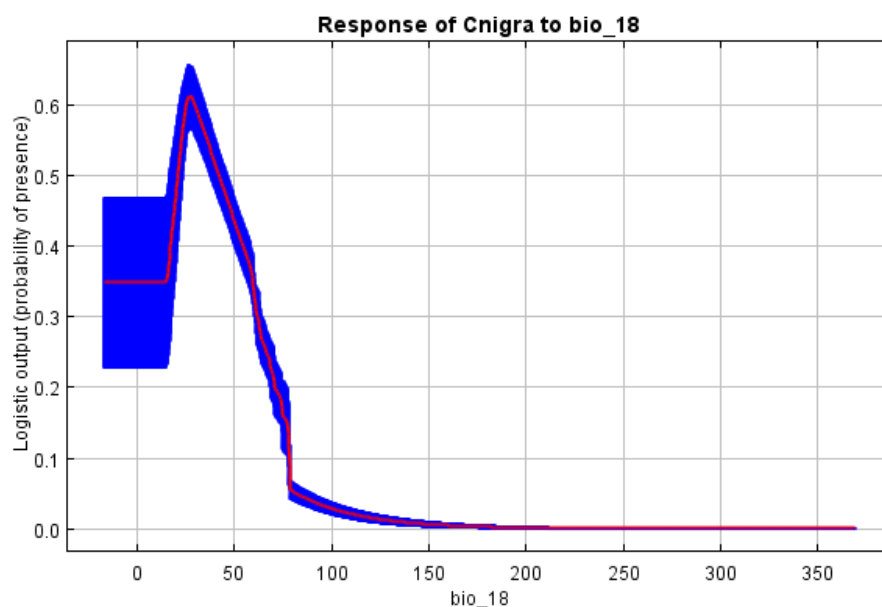


Figura 7.5.a. Curva de respuesta marginal predicha por el modelo para las precipitaciones en el trimestre más cálido.

Ambas curvas indican un óptimo para la cigüeña negra cuando las precipitaciones son escasas (pero no inexistentes) durante esta época, en torno a 25 – 35 mm. Cuando las precipitaciones son mayores a este rango, tanto la idoneidad como la productividad disminuyen sensiblemente. Este resultado preliminar amerita un estudio y análisis en mayor profundidad que indague estas correlaciones. Se podría constatar que la cigüeña negra, una especie muy ligada a los cursos y masas de agua, obtendría un óptimo en Iberia en aquellos lugares y años donde se produzcan precipitaciones escasas durante la época de reproducción, pero suficientes para mantener una adecuada disponibilidad trófica para la cría, a la vez que evita zonas de altas precipitaciones que pudieran poner en riesgo la supervivencia de los pollos. De ser las condiciones climáticas determinantes, cambios en el régimen de precipitaciones pudieran tener una incidencia más directa en las tendencias del éxito reproductor de la especie que factores geográficos y de denso-dependencia.

Efecto de la ubicación del nido y de la gestión del territorio sobre la productividad de la cigüeña negra *Ciconia nigra* en España

“(...) el roquedo queda como único sustrato disponible, y sus ventajas (en general mayor seguridad frente a predadores y perturbaciones humanas) hacen que la ocupación de los mejores sitios se prolongue a lo largo de décadas”.

Juan J. Ferrero y José A. Román, 1991. Estudios sobre la Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*) en Extremadura II: Nidotópica y hábitat de nidificación. *Alytes* V.





8

Efecto de la ubicación del nido y de la gestión del territorio sobre la productividad de la cigüeña negra *Ciconia nigra* en España

INTRODUCCIÓN

La población de cigüeña negra *Ciconia nigra* que nidifica en la península ibérica presenta la particularidad, en el ámbito del paleártico occidental, de ser parcialmente rupícola (Cramp y Simmons 1977). Hasta un 69% de los nidos conocidos en Iberia se localizan en sustrato rocoso (Cano Alonso *et al.* 2006). Este comportamiento no es una excepción a nivel mundial. La cigüeña negra nidifica en roca en algunas zonas del paleártico oriental (Ferrero y Román 1991), siendo una especie estrictamente rupícola en África austral (Hockey *et al.* 2005, Sinclair *et al.* 2011). Además, existen países como Bulgaria en donde ha aumentado el número de parejas que eligen rocas para ubicar el nido (Petkov *et al.* 2006) a partir del momento en que se intensificó la explotación forestal del país (Tamás 2012). Este comportamiento se interpreta como una adaptación de la especie a la falta de suficientes masas forestales adecuadas para el emplazamiento de los nidos (Ferrero y Román 1991, Tamás 2012). Desde esta perspectiva, pudiera interpretarse que los hábitats rupícolas representan una situación sub-óptima para la especie. En España, se ha indicado que un aspecto negativo al que se enfrentan las parejas que crían en roca es la competencia interespecífica por los sustratos de nidificación con otras especies rupícolas como el buitre leonado *Gyps fulvus*, alimoche común *Neophron percnopterus* y el águila-azor perdicera *Aquila fasciata* (Prieta y Traverso 2000).

Es bien conocido que la selección de la ubicación del nido juega un papel importante en el éxito reproductivo de las aves en general, y las rupícolas en particular (Li y Martin 1991, Ontiveros y Pleguezuelos 2003). Podría ocurrir que las parejas rupícolas, sometidas a una fuerte competencia con otras especies por los sustratos de nidificación (Prieta y Traverso 2000), tuvieran un éxito reproductor menor respecto a las que crían en árbol. En ese caso, cualquier tendencia en las poblaciones a criar en roca podría acarrear un descenso en el éxito reproductor de dicha población. Pero, alternativamente, es sabido el impacto negativo que tiene la depredación por parte de mamíferos sobre las parejas que crían en árbol (Strazds 2011). Podría ocurrir, por tanto, que el hecho de criar en roca supusiera una ventaja ya que las parejas rupícolas podrían estar libres de este tipo de interacción (Ferrero y Román 1991), que parece afectar al éxito reproductor de la especie (Strazds 2011).

Además del efecto de la ubicación de los nidos sobre el éxito reproductor de la cigüeña negra, hay otros aspectos relacionados con su ubicación, que pudieran afectar también al resultado final de su inversión parental. Este es el caso, por ejemplo, del tipo de gestión que se realiza en el mismo entorno del nido. Dado que la especie es muy sensible a las molestias humanas (Cramp y Simmons 1977, Rosenvald y Lõhmus 2003, Strazds 2011), cabría esperar que aquellos nidos ubicados en terrenos sometidos a un control estricto de los usos, sujetos a un régimen donde las molestias humanas están muy acotadas, pudieran tener un mayor éxito reproductor respecto a aquellos nidos localizados en terrenos en donde el acceso y la gestión del territorio no esté tan limitado, más expuestos a molestias.

Este estudio explora si la fracción de población de cigüeña negra que cría en roca tiene un éxito reproductivo menor respecto a la fracción de la población que nidifica en árboles, y si el tipo de manejo y gestión existente en el territorio circundante al nido tiene alguna influencia igualmente en el éxito reproductor. Estos aspectos son de gran interés puesto que se podría predecir tendencias en el éxito reproductor de las poblaciones en donde aumenten las parejas que crían en roca, y el posible efecto que pueda tener la gestión alrededor del nido.



MATERIAL Y MÉTODOS

Procedimientos

Se recopilaron datos de reproducción en 389 nidos localizados en España entre el año 1993 y 2010. Posteriormente se analizaron estos datos, para calcular la productividad de cada nido como el número de pollos volados por nido en aquellas plataformas de las que al menos se contaba con datos de inicio de reproducción (concluyera con pollos volados o no), en al menos cuatro temporadas de reproducción. Con este criterio se pretendió obtener un valor de éxito reproductivo representativo por nido al margen de eventos azarosos. En total se obtuvieron datos de tasas de vuelo (número medio de pollos volados por nido en al menos cuatro temporadas) para 53 nidos localizados en Castilla y León, Extremadura, Madrid y Castilla La Mancha. Además de la tasa de vuelo, se anotó el sustrato en el que estaba la plataforma (nido *versus* árbol), y si estaba sometido algún tipo de régimen especial de manejo (finca privada, espacio protegido, espacio perteneciente a Patrimonio Nacional y sometido a restricciones, por ejemplo). En función de la gestión del territorio, accesibilidad y la existencia o no de un régimen especial de uso, se distinguieron dos categorías para este factor. Nidos situados en zonas con un régimen de gestión del territorio restringido, y nidos situados en zonas con un régimen de gestión de territorio abierto. En la primera categoría se incluyeron aquellos nidos situados en propiedades privadas, en terrenos de Patrimonio Nacional o localizados en la red de parques nacionales. En la categoría de gestión de territorio abierto se incluyeron los nidos localizados en montes o terreno público sin un régimen especial de protección o control.

Análisis de los datos

Se realizó un análisis GLM con las tasas de pollos volados transformadas (\log_{10}) donde se consideraron dos factores, la ubicación de los nidos (roca vs. árbol) y el tipo de gestión del territorio donde se enclavaban (restringido vs. abierto). Todos los análisis fueron realizados usando la versión 7.0 de STATISTICA para Windows (StatSoft 2004). Otros análisis parciales serán comentados en el momento de su realización.

RESULTADOS

La productividad media \pm desviación estándar (D.S.) de cigüeña negra en España, entendida como la tasa de pollos volados/nido (usando los datos de los 53 nidos en el que al menos se tuvo constancia que la reproducción se inició durante al menos cuatro temporadas), es $1,94 \pm 0,61$ pollos volados por nido, habiendo cierta variación según las categorías consideradas (Tabla 8.1).

Tabla 8.1. Tasa de vuelo media de cigüeña negra en España según el sustrato de nidificación y la gestión del territorio donde se localiza el nido, DS: desviación estándar.

Factor	Categoría	n	Productividad media \pm DS
Sustrato de nidificación	Roca	31	$2,06 \pm 0,58$
	Árbol	22	$1,77 \pm 0,61$
Gestión del territorio	Restringido	24	$1,88 \pm 0,64$
	Abierto	29	$1,99 \pm 0,59$

Los resultados del análisis de GLM muestran que no existen diferencias significativas en la tasa de pollos volados/nido entre las parejas que crían en árbol y en roca ($F_{1, 49} = 2,64$; $p = 0,11$, $n = 53$), ni tampoco entre las parejas que crían en terrenos de gestión restringida y aquellas que crían en terrenos de gestión abierta ($F_{1, 49} = 0,15$; $p = 0,69$, $n = 53$). Sin embargo, si existen diferencias significativas cuando se analizan sus interacciones. Las parejas que crían en sustratos rocosos en territorios sometidos a una gestión abierta experimentan una pérdida de su éxito reproductor respecto a las parejas que crían en el resto de condiciones ($F_{1, 49} = 6,38$; $p = 0,01$, $n = 53$; Figura 8.1).

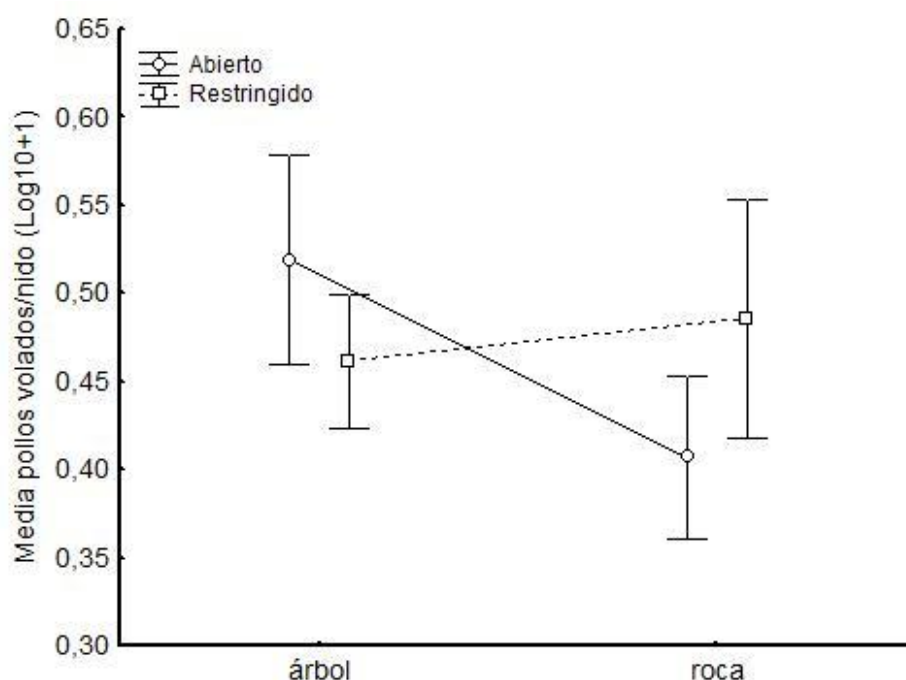


Figura 8.1. Relación de la productividad (número de pollos volados/nido) en función del sustrato de nidificación y el tipo de gestión del territorio donde se localizan los nidos. Las barras representan el intervalo de confianza al 95%.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de este estudio, la productividad de la población ibérica de cigüeña negra, entendida como la media de pollos volados por nido en donde se inició la reproducción, no difiere entre la fracción rupícola y arborícola de la especie. De hecho, la tasa media obtenida para toda la población ibérica en su conjunto (media \pm D.S. $1,94 \pm 0,61$ pollos volados/nido ocupado) es similar a las tasas obtenidas para otras poblaciones europeas, donde la totalidad de la población tiene sus nidos en árboles. En Lituania, Treinys *et al.* (2008) obtuvieron una tasa de media \pm D.S. $1,96 \pm 1,63$ pollos volados/nido ocupado, $n = 145$ nidos, y en Letonia Strazds (2011) obtuvo una tasa media \pm D.S. $1,81 \pm 1,35$ pollos volados/nido ocupado. Estos datos ponen de manifiesto que la adaptación rupícola de la especie *per se* no tiene por qué afectar al éxito reproductivo de las poblaciones que exhiben esta condición. En este sentido, la

competencia interespecífica con otras especies rupícolas por el lugar de nidificación no jugaría un papel dramático en el éxito reproductor de la fracción rupícola de la población tal como se había sugerido (Prieta y Traverso 2000). Tampoco supondría una ventaja significativa en términos de éxito reproductivo tal como apuntaban otros autores (Ferrero y Román 1991). Por tanto, un cambio en el sesgo de las poblaciones que crían en roca o árbol no tendría incidencia en el éxito reproductor de la especie.

Sin embargo, los resultados indican que las parejas que crían en risco en terrenos de gestión abierta experimentan una pérdida significativa en su éxito reproductor con respecto a los valores medios para el resto de ubicaciones. Por tanto, el manejo del territorio en los enclaves de nidificación parece tener un efecto notable. La incidencia de las molestias humanas en ambientes forestales, especialmente debido al manejo forestal, ha sido ampliamente descrita en esta especie (Rosenvald y Löhmus 2003, Strazds 2011), no así en las poblaciones rupícolas. Podrían estar sometidas en terrenos de uso abierto a unos niveles de perturbación sensiblemente mayor, que hiciera disminuir su productividad. Es sabido que las parejas que crían en roca son más fácilmente detectables respecto a la población que cría en las masas forestales (Ferrero y Román 1991, Cano Alonso y Hernández García 2003). Esto conlleva una mayor exposición a molestias en territorios de gestión abierta respecto a las parejas que crían en árbol, que no solo se concreta en molestias por parte de observadores (Prieta y Traverso 2000), sino también a perturbaciones ocasionadas por el trasiego de personas en los alrededores de los cantiles (pescadores y escaladores), navegación fluvial o alteraciones importantes de los caudales hídricos durante la reproducción (Prieta y Traverso 2000, Cano Alonso y Hernández García 2004, Cano Alonso *et al.* 2006), perturbaciones que son menos perceptibles para las parejas que crían en árbol. Aunque es necesario profundizar en las causas que provocan una menor productividad en las parejas rupícolas asentadas en terrenos de gestión abierta, las implicaciones a nivel de manejo y conservación son evidentes ya que las que crían en roca en territorios de gestión abierta son las más vulnerables. Para ello, parece necesario establecer una regulación seria y estricta de las actividades en el entorno de los afloramientos rocosos que albergan sitios de nidificación de la especie durante la época de cría, especialmente en territorios sometidos a un tipo de gestión abierta. Estas medidas deben de ir acompañadas por un



programa de seguimiento científico de las poblaciones arborícolas y rupícolas para valorar la efectividad de esta regulación, así como detectar otras amenazas desconocidas que pudieran estar afectando a la población en su conjunto.



CONCLUSIONES

La cigüeña negra presenta una población reproductora disyunta en la península ibérica con una serie de singularidades (como su aislamiento geográfico, nidificación frecuentemente rupícola y sedentarismo de una fracción de la misma). Asimismo, la posición geográfica estratégica de la Península, hace que todo el territorio ibérico sea de importancia capital para aquellas cigüeñas negras del resto del paleártico que realizan la migración por la ruta más occidental y que utilizan territorio ibérico como área de parada y descanso, o directamente como área de invernada.

En este contexto, las conclusiones más importantes obtenidas en esta tesis son las siguientes:

1. No existe un único patrón en los movimientos postreproductivos de la cigüeña negra en la península ibérica. Algunas cigüeñas negras hacen amplios desplazamientos en el cuadrante suroccidental de la Península, mientras otros individuos apenas se mueven del lugar seleccionado donde permanecer hasta iniciar la migración postnupcial.
2. Las cigüeñas negras ibéricas muestran rutas y parámetros migratorios similares a otras poblaciones europeas desde que cruzan el estrecho de Gibraltar y, de acuerdo con este estudio, la mayor parte de la población ibérica se desplaza a África.
3. Las fechas de partida de las cigüeñas negras europeas a las áreas de invernada es anterior a la de las cigüeñas negras ibéricas, pero ambas poblaciones se sincronizan para cruzar el estrecho de Gibraltar y alcanzar juntas las áreas de invernada. La explicación más plausible para la sincronización en la llegada a los cuarteles de invierno de estas poblaciones está relacionada con la selección del mejor momento para el mantenimiento de la especie en el Sahel después de las lluvias monzónicas.

4. A pesar de diferencias interindividuales y la mezcla de poblaciones, las cigüeñas negras ibéricas tienden a distribuirse en las zonas más occidentales del Sahel, mientras que las centroeuropeas tienden a distribuirse en sectores más orientales pese a haber cruzado el estrecho de Gibraltar conjuntamente.
5. Al menos el 25% de las cigüeñas negras extra ibéricas que realizan la migración por la ruta occidental hacen al menos una parada migratoria (de más de tres días) en territorio ibérico. Estas paradas se concentran básicamente dentro de las dos cuencas hidrográficas más importantes del sur peninsular: el Guadalquivir, pero especialmente en la del Guadiana.
6. Las cigüeñas negras ibéricas y extra ibéricas no se limitan a seleccionar aguas continentales como hábitat preferido para descansar y reponerse antes de migrar para África, sino que eligen sesgadamente unos tipos de ríos muy concretos. Son ríos de sustrato silíceo, preferentemente de segundo orden. Evitan los tramos cercanos a núcleos urbanos e infraestructura lineales.
7. La mortalidad de cigüeñas negras ibérica está fuertemente relacionada con la suerte que corren en África, en donde la mitad de las que se marcaron murieron en el Sahel.
8. La península ibérica presenta una serie de cuarteles de invierno potencialmente idóneos para la cigüeña negra, y el proceso de ocupación está siendo dirigido no solo por factores ambientales, sino también por factores geográficos. Actualmente se ocupan aquellas áreas más cercanas geográficamente al eje central migratorio otoñal de la especie; hasta un 36% de la distribución de los individuos durante el invierno es explicado por la proximidad de sus localizaciones a este eje.
9. La cigüeña negra no ocupa todo el territorio potencialmente idóneo del que dispone en la península ibérica, y su productividad (entendida como el número de pollos que vuelan por nido donde se inició la reproducción) ha disminuido significativamente en los últimos tiempos.



10. La productividad de la población ibérica de cigüeña negra no difiere entre la fracción rupícola y arborícola de la especie. Sin embargo los resultados indican que las parejas que crían en riscos ubicados en terrenos de gestión abierta experimentan una pérdida significativa en su éxito reproductor con respecto a los valores medios para el resto de ubicaciones (parejas que crían en árboles en terrenos de gestión privada, parejas que crían en árboles en terrenos de gestión abierta y parejas que crían en rocas en terrenos de gestión cerrada).



BIBLIOGRAFÍA

- AEBISCHER, N.J., ROBERTSON, P.A. y KENWARD, R.E. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radiotracking data. *Ecology* 74: 1313–1325.
- AFRICKÁ ODYSEA 2011. Disponible: http://www2.rozhlas.cz/capi/resume_e.htm [consultado 1 octubre 2011].
- ALERSTAM, T. 2006. Conflicting evidence about long-distance animal navigation. *Science* 313: 791-793.
- ALERSTAM, T. 2011. Optimal bird migration revisited. *J. Ornithol.* 152: S5–S23.
- ALERSTAM, T., HEDENSTRÖM, A. y AKESSON, S. 2003. Long-distance migration: evolution and determinants. – *Oikos* 103: 247–260.
- ALERSTAM, T., HAKE, M. y KJELLÉN, N. 2006. Temporal and spatial patterns of repeated migratory journeys by ospreys - *Anim. Behav.* 71: 555-566.
- ALONSO, J.A., ALONSO, J.C. y NOWALD, G. 2008. Migration and wintering patterns of a central European population of Common Cranes *Grus grus*. *Bird Study* 55: 1-7.
- ÁLVAREZ, J.A., FERRERO, J.J., PIZARRO, V.M., ROMÁN, J.A. y SÁNCHEZ, A. 1993. Áreas de concentración post-nupcial, invernal y primaveral de la Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*) en Extremadura. *Alytes* VI: 51 – 64.
- ANGELSTAM, P., ROBERGE, J.-M., LÖHMUS A., BERGMANIS, M., BRAZAITIS, G., DÖNZ-BREUSS M., EDENIUS, L., KOSINSKI, Z., KURLAVIČIUS, P., LÄRMANIS, V., LÜKINS, M., MIKUSIŃSKI, G., RAČINSKIS, E., STRAZDS, M. y TRYJANOWSKI, P. 2004. Habitat modelling as a tool for landscape-scale conservation—a review of parameters for focal forest birds. *Ecol. Bull.* 51:427–454.
- ARAÚJO, M.B., GUILHAUMON, F., RODRIGUES, D., POZO, I. y GÓMEZ, R. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación de la biodiversidad española frente al cambio climático - volumen 2 fauna de vertebrados*. MMAMRM-MCI-MNCN/CSIC. Madrid.
- ARENILLAS, M. y SÁENZ, C. 1987. *Guía Física de España. 3 Los ríos*. Alianza Editorial, Madrid. 386 pp.
- ARÉVALO Y BACA, J. 1887. *Aves de España: Memoria premiada con accésit por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en el concurso público de 1882*. Madrid.

- ARGOS 1996. *Users manual 1.0*.-CLS. - Argos, Toulouse.
- AVISE, J.C., NELSON, W.S. y SIBLEY, C.G. 1994. DNA sequence support for a close phylogenetic relationship between some storks and New World vultures. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91: 5173-5177.
- BAILLIE, S.R. 1990. Integrated population monitoring of breeding birds in Britain and Ireland. *Ibis* 132: 151-166.
- BERTHOLD, P. 1993. *Bird migration: a general survey*. Oxford: Oxford University Press.
- BERTHOLD, P. y TERRILL, S.B. 1991. Recent advances in studies of bird migration. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 22: 357-378.
- BERTHOLD, P., BOSSCHE, W. v. D., FIEDLER, W., KAATZ, C., KAATZ, M., LESHEM, Y., NOWAK, E. and QUERNER, U. 2001. Detection of a new important staging and wintering area of the white stork *Ciconia ciconia* by satellite tracking. *Ibis* 143: 450-455.
- BERNIS, F. 1956. Datos varios sobre Cigüeña Negra. *Ardeola* 3: 174.
- BERNIS, F. 1966. *Migración en Aves. Tratado teórico y Práctico*. SEO. Madrid.
- BERNIS, F. 1980. *La migración de las aves en el estrecho de Gibraltar. Aves planeadoras*. Cátedra de Zoología de Vertebrados, Universidad Complutense. Madrid.
- BEYER, H.L. 2004. Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. Disponible: <<http://www.spataleecology.com/htools>>. [consultado 2 enero 2011].
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004. *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. Cambridge, UK. *BirdLife International*.
- BLUMSTEIN, D.T., FERNÁNDEZ-JURICIC, E., ZOLLNER, P.A. y GARITY, S.C. 2005. Inter-specific variation of avian responses to human disturbance. *J. Appl. Ecol.* 42: 943-953.
- BOBEK, M., POJER, F., PESKE, L. y SIMEK, J. 2003a. Wintering of Black Storks (*Ciconia nigra*) from the Czech Republic in different parts of Africa. *Aves* 40: 176-178.
- BOBEK, M., POJER, F., PESKE, L. y SIMEK, J. 2003b. African Odyssey Project. Research on the black stork migration and ecology and its presentation on the Internet. *Aves* 40: 212-221.



- BOBEK, M., PESKE, L., RABAS, P., POJER, F., SIMEK, J., MAHESHWARAN, G. y ABONYI, O. 2004. *New Odyssey. Journey of Black Storks from Siberia to India*. Cesky rozhlas, Praha, 58 pp.
- BOBEK, M., HAMPL, R., PESKE, L., POJER, F., SOMEK, J. y BURES, S. 2008. African Odyssey project–satellite tracking of Black Storks *Ciconia nigra* breeding at a migratory divide. *J. Avian Biol.* 39: 500–506.
- BOSSCHE, W. v. D. 2003. Black Storks (*Ciconia nigra*) wintering in Northern Israel. *Aves* 40: 127-139.
- CABRAL, M. J. (coordinador). 2006. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Peixes Dulciaquícolas e Migradores, Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos*. 2ª ed. Instituto da Conservação da Natureza. Assírio & Alvim. Lisboa.
- CALVERT, A.M., WALDE, S.J. y TAYLOR, P.D. 2009. Nonbreeding drivers of population dynamics in seasonal migrants: conservation parallels across taxa. *Avian Conserv. Ecol.* 4: 5.
- CANNELL, I.C., MUNDY, P.J. y ROCKINGHAM-GILL, D. 1996. En prensa. *La Cigüeña Negra en Zimbabwe*. II Conferencia Internacional sobre Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*). Trujillo, España. Marzo de 1996.
- CANO ALONSO, L.S. 2004. Cigüeña Negra – *Ciconia nigra*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>.
- CANO ALONSO, L.S. 2006. An Approach to Wintering of Black Stork *Ciconia nigra* in the Iberian Peninsula. *Biota* 7/1-2: 7-14.
- CANO ALONSO, L. S. y HERNÁNDEZ GARCÍA, J.M. 2003. Cigüeña Negra, *Ciconia nigra*. En Martí, R. y del Moral, J.C. (Eds.): *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, pp. 120-121. Dirección General Conservación la Naturaleza-Sociedad Española Ornitología. Madrid.
- CANO ALONSO, L. S. y HERNÁNDEZ GARCÍA, J.M. 2004. Cigüeña Negra *Ciconia nigra*. En A. Madroño, C. González y J. C. Atienza (Eds.). Libro Rojo de las Aves de España. SEO/BirdLife. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife. Madrid.
- CANO, L.S. y TELLERÍA, J.L. 2011. Dix ans de suivi satellitaire de la Cigogne noire *Ciconia nigra* en Espagne. Des défis sans frontière pour la conservation de l'espèce. – *Nature Nièvre* 19: 22-32.

- CANO ALONSO, L.S., FRANCO, C., PACHECO, C., REIS, S., ROSA, G. y FERNÁNDEZ-GARCÍA, M. 2006. The breeding population of Black Stork *Ciconia nigra* in the Iberian Peninsula. *Biota* 7/1-2: 15-24.
- CARRASCAL, L.M. y DÍAZ, L. 2006. Winter bird distribution in abiotic and habitat structural gradients: A case study with mediterranean montane oakwoods. *Ecoscience* 13: 100-110.
- CARRASCAL, L.M., WEYKAM, S., PALOMINO, D., LOBO, J.M. y DÍAZ, L. 2006. Biogeografía ecológica de la avifauna terrestre española (península ibérica). Atlas virtual de la avifauna Terrestre de España. [consultado 1 agosto 2012].
- CAUGHLEY, G. 1977. *Analysis of vertebrate populations*. John Wiley & Sons, Londres.
- CHEVALLIER, D., BAILLON, F., ROBIN, J.-P., LE MAHO, Y. y MASSEMIN-CHALLET, S. 2008. Prey selection of the Black Stork in the African wintering area. *J. Zool.* 276: 276–284.
- CHEVALLIER, D., HANDRICH, Y., GEORGES, J.-Y., BAILLON, F., BROSSAULT, P., AUROUET, A., MAHO, Y.L. y MASSEMIN, S. 2010a. Influence of weather conditions on the flight of migrating Black Storks. *Proc. R. Soc. B* 277: 2755-2764.
- CHEVALLIER, D., MAHO, Y. L., BAILLON, F., DUPPONOIS, R., DIEULIN, C., BROSSAULT, P., LORGE, P., AUROUET, A. y MASSEMIN, S. 2010b. Human activity and the drying up of rivers determine abundance and spatial distribution of Black Storks *Ciconia nigra* on their wintering grounds. *Bird Study* 57: 369-380.
- CHEVALLIER, D., MAHO, Y. L., BROSSAULT, P., BAILLON, F. y MASSEMIN, S. 2011. The use of stopover sites by Black Storks (*Ciconia nigra*) migrating between West Europe and West Africa as revealed by satellite telemetry. *J. Ornithol.* 152: 1-13.
- CORBACHO, C. y SÁNCHEZ, J.M. 2001. Patterns of species richness and introduced species in native freshwater fish faunas of a Mediterranean-type basin: the Guadiana River (southwest Iberian Peninsula). *Regulated Rivers: Research & Management*, 17: 699–707.
- CRAMP, S. y SIMMONS, K.E.L. (eds.) 1977. *The Birds of the Western Palearctic. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa*. Vol. 1. Oxford University Press, New York.



- CZECH H.A. y PARSONS K.C. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: a review. *Waterbirds* 25 (SpecialPublication 2): 56–65.
- DEL HOYO, J., ELLOIT, A. y SARGATAL, J. (eds.) 1992. *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 1. Lynx Edicions, Barcelona.
- DOMÍNGUEZ, L., GONZÁLEZ, J.L., GONZÁLEZ, L.M. y LLANDRÉS, C. 1985. Datos sobre la alimentación de la Cigüeña Negra en España centro-occidental. *Alytes* 3:51-56.
- DOVAL, G., MARCHAMALO, J. y DE QUADROS, R. 2009. Algunos datos sobre la migración e invernada en África de un joven de Cigüeña negra (*Ciconia nigra*). In Montoya, F. (Ed.): *Anuario ornitológico de la provincia de Cádiz y Estrecho de Gibraltar, años 2004 a 2008*. Colectivo Ornitológico Cigüeña Negra.
- EEA 1999. *Corine Land Cover a key database for European integrated environmental assessment*. European Environment Agency. Disponible: <http://sia.eionet.europa.eu/CLC2000/docs/publications/corinescreen.pdf> [consultado 15 noviembre 2011].
- EEA 2010. *Natura 2000 data - the European network of protected sites*. European Environment Agency. Disponible: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-1> [consultado 6 mayo 2011].
- EEA 2011. Corine Land Cover 2000 seamless vector data - version 15 (08/2011). Disponible: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database-3> [consultado 1 septiembre 2011].
- ELITH, J. y LEATHWICK, J.R. 2009. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40: 677-697.
- ELITH, J., GRAHAM, C.H., ANDERSON, R.P., DUDÍK, M., FERRIER, S., GUISAN, A., HUJMAN, R.J., HUETTMANN, F., LEATHWICK, J.R., LEHMANN, A., LI, J., LOHMANN, L.G., LOISELLE, B.A., MANION, G., MORITZ, C., NAKAMURA, M., NAKAZAWA, Y., OVERTON, J.M., PETERSON, A.T., PHILLIPS, S.J., RICHARDSON, K., SCACHETTI-PEREIRA, R., SCHAPIRE, R.E., SOBERÓN, J., WILLIAMS, S., WISZ, M.S. y ZIMMERMANN, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- ELITH, J., PHILLIPS, S.J., HASTIE, T., DUDÍK, M., CHEE, Y. E. y YATES, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 17: 43-57.

- ESRI 2001. *Using ArcGIS® Spatial Analyst*. Environmental Systems Research Institute Inc. 2001–2002, New York.
- EQUIPA ATLAS 2008. *Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (1999-2005)*. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Assírio & Alvim, Lisboa.
- FERRERO, J.J. y ROMÁN, J.A. 1991. Estudio sobre la cigüeña negra en Extremadura II: Nidotópica y hábitat de nidificación. *Alytes* V: 19-46.
- FERRERO, J.J. y PIZARRO, V.M. 2003. *La Cigüeña Negra en Extremadura*. Junta de Extremadura. Mérida.
- FERRERO, J.J., PIZARRO, V.M. y ROMÁN, J.A. 1993. Dinámica de las agrupaciones post-nupciales de la Cigüeña Negra en Extremadura. *Alytes* VI: 65 – 79.
- FIEDLER, W. 2009. New technologies for monitoring bird migration and behaviour. *Ring. & Migr.* 24: 175–179.
- FIELDING, A.H. y BELL, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ. Conserv.* 24: 38-49.
- FILÍPE, A.F., COWX, I.G., y COLLARES-PEREIRA, M.J. 2002. Spatial modeling of freshwater fish in semi-arid river systems: a tool for conservation. *River Res. Applic.*, 18: 123–136.
- FONTANETO, C., FERRETI, G., BORDIGNON, L. y FONTANETO, D. 2006. The black stork *Ciconia nigra* in Northern Italy: Which environment features does the species need to nest? *Rev. Éco. (Terre Vic)* 61: 303-308.
- FULLER, M.R., SEEGAR, W.S. y SCHUECK, L.S. 1998. Routes and travel rates of migrating Peregrine Falcons *Falco peregrinus* and Swainson's Hawks *Buteo swainsoni* in the Western Hemisphere. *J. Avian Biol.* 29:433–440.
- FUNDACIÓN MIGRES 2008. Monitoring bird migration across the Strait of Gibraltar: the Migres Program 2008. *Migres, Revista de Ecología* 1: 83-101.
- GONZÁLEZ, L.M. y SÁNCHEZ, F. 1978. Migración de la Cigüeña Negra por El Pardo (Madrid). *Ardeola* 24: 209-211.
- GONZÁLEZ, J.L. 1987. *Inventario de la población española de Cigüeña negra (Ciconia nigra)*. ICONA. Informe inédito. Madrid.



- GONZÁLEZ, J.L. y MERINO, M. 1988. El primer censo de la población española de Cigüeña negra confirma el grave peligro de extinción de la especie. *Quercus* 30: 12-17.
- GREENWOOD, P.J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Anim. Behav.* 28:1140–1162.
- GRIFFIN, G., MORRIS, J., RODGERS, J. y SNYDER, B. 2008. Changes in Wood Stork (*Mycteria americana*) nestling success observed in four Florida bird colonies during the 2004, 2005, and 2006 breeding seasons. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54 (Suppl. 1), pp. 123–130.
- GWINNER, E. 1996. Circadian and circannual programmes in avian migration. *J. Exp. Biol.* 199: 39-48.
- HANCOCK, J.A., KUSHLAN, J.A. y KAHL, M. P. 1992. *Storks, Ibises, and Spoonbills of the World*. Academic Press. New York.
- HAKE, M., KJELLÉN, N. y ALERSTAM, T. 2003. Age-dependent migration strategy in Honey Buzzards *Pernis apivorus* tracked by satellite. *Oikos* 103: 385–396.
- HAYS, G.C., ÅKESSON, S., GODLEY, B.J., LUSCHI, P. y SANTIDRIAN, P. 2001. The implications of location accuracy for the interpretation of satellite-tracking data. *Anim. Behav.* 61: 1035–1040.
- HEREDIA, B. y SOTO-LARGO, E. 1996. En prensa. *Estatus de la población y conservación de la Cigüeña Negra en España*. II Conferencia Internacional sobre Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*). Trujillo, España. Marzo de 1996.
- HIGUCHI, H. y PIERRE, J.P. 2005. Satellite tracking and avian conservation in Asia. *Landscape Ecol. Eng.* 1: 33-42.
- HIGUCHI, H., NAGENDRAN, M. y PIERRE, J.P. 2006. Satellite-tracking the migration of cranes and storks. *Acta Zool. Sin.* 52 (Supplement): 206-210.
- HOCKEY, P.A.R., DEAN, W.R.J. y RYAN, P.G. 2005. *Roberts - Birds of southern Africa*, VIIIth ed. The Trustees of the John Voelcker Bird Book Fund, Cape Town.
- HOURLAY, F. 2003. Wintering of Western-European black storks in West Africa: results of satellite monitoring campaigns and carried out between 1995 and 2000 by the “Cigognes sans frontières”, program and University of Liege. *Aves* 40:172–174.
- ICNB 2006. *Sítios da Lista Nacional e Zonas de Protecção Especial*. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade-Portugal. Disponible:

- http://www.icnb.pt/propfinal/_Vol.III- Sítios da Lista Nacional e Zonas de Protecção Especial/Fichas de Sítios/ [consultado 25 noviembre 2011].
- ICONA 1992. Plan Coordinado de Actuaciones para la Protección de la Cigüeña Negra. Informe inédito, Madrid.
- INAG, I.P. 2005. InterSIG. *Mapas*. Disponible: <http://intersig-web.inag.pt/intersig/mapas.aspx> [consultado 1 agosto 2011].
- INAG, I.P. 2008. *Tipologia de Rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P. 32 pp. Disponible: <http://www.inag.pt/> [consultado 1 octubre 2011].
- IUCN y UNEP 2010. *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. UNEP-WCMC. Cambridge, UK. www.protectedplanet.net [consultado 6 mayo 2011].
- IVEY, G.L. y DUGGER, B.D. 2008. Factors influencing Greater Sandhill Crane nest success at Malheur National Wildlife Refuge, Oregon. *Waterbirds* 31:52-61.
- JADOUL, G. 1994. *La cigogne noire, chroniques d'un retour annoncé*. Editions du Perron, Allier-Liège.
- JADOUL, G. y CABARET, P. 2003. Status of the Black Stork (*Ciconia nigra*) in Wallonia and choice of the nesting sites. *Aves* 40: 28–37.
- JADOUL, G., HOURLAY, F. y TOUSSAINT, A. C. 2003a. Study of fall migration of Black Storks (*Ciconia nigra*) by satellite telemetry. *Aves* 40: 162–164.
- JADOUL, G., HOURLAY, F. y TOUSSAINT, A. C. 2003b. Wintering sites of the black stork in West Africa. *Aves* 40: 171–172.
- JANS, M. y LORGE, P. 2003. The Black Stork (*Ciconia nigra*) in Luxemburg. *Aves* 40: 20.
- JIGUET, F. y VILLARUBIAS, S. 2004. Satellite tracking of breeding black stork (*Ciconia nigra*): new incomes for spatial conservation issues. *Biol. Conserv.* 120: 153–160.
- JIGUET, F., MASSEMIN, S. y CHEVALLIER, D. 2011. Predictive distribution models applied to satellite tracks: modelling the western African winter range of European migrant Black Storks *Ciconia nigra*. *J. Ornithol.* 152: 111-118.
- JONES, J. 2001. Habitat selection studies in avian ecology: a critical review. *Auk* 118: 557-562.



- JOHNSON, M.D. 2007. Measuring Habitat Quality: A Review. *Condor* 109: 489-504.
- JOVANI, R. y TELLA, J.L. 2004. Age-related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. *Ecography* 27: 611–618.
- JULLIARD, R., JIGUET, F. y COUVET, D. 2004. Common birds facing global changes: what makes a species at risk?. *Glob. Change Biol.* 10: 148-154.
- KANAI, Y., UETA, M., GERMOGENOV, N., NAGENDRAN, M., HIGUCHI H. y MITA, N. 2002. Migration routes and important resting areas of Siberian cranes (*Grus leucogeranus*) that migrate from northeastern Siberia and China as revealed by satellite tracking. *Biol. Conserv.* 106: 339–346
- KENWARD, R.E., CLARKE, R.T., HODDER, K.H. y WALLS, S.S. 2001. Density and linkage estimators of home-range: nearest-neighbor clustering defines multinuclear cores. *Ecology* 82:1905–1920.
- KJELLÉN, N., HAKE, M. y ALERSTAM, T. 2001. Timing and speed of migration in male, female and juvenile Ospreys *Pandion haliaetus* between Sweden and Africa as revealed by field observations, radar and satellite tracking. *J. Avian Biol.* 32: 57–67.
- KLAASSEN, H.G.R., STRANDBERG, R., HAKE, M. y ALERSTAM, T. 2008. Flexibility in daily travel routines causes regional variation in bird migration speed. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 62:1427–1432.
- KOKKO, H. 1999. Competition for early arrival in migratory birds. *J. Anim. Ecol.* 68: 940-950.
- LAWTON, J.H. 1996. Population abundances, geographic ranges and conservation: 1994 Witherby Lecture. *Bird Study* 43: 3-19.
- LEGAGNEUX, P., BLAIZE, C., LATRAUBE, F., GAUTIER, J. y BRETAGNOLLE, V. 2009. Variation in home-range size and movements of wintering dabbling ducks. *J. Ornithol.* 150:183–193.
- LI, P. y MARTIN, T. E. 1991. Nest-site selection and nesting success of cavity-nesting birds in high elevation forest drainages. *Auk* 108: 405–418.
- LÕHMUS, A., SELLIS, U. y ROSENVALD, R. 2005. Have recent changes in forest structure reduced the Estonian black stork *Ciconia nigra* population? *Biodivers. Conserv.* 14(6): 1421-1432.

- LÓPEZ JURADO, L.F., DOS SANTOS FREITAS, L. y VALVERDE GÓMEZ, J.A. 1978. Sobre la migración de *Ciconia nigra*. *Ardeola* 24: 211-212.
- LÓPEZ SEOANE, V. 1861. *Catálogo de las aves observadas en Andalucía*. Madrid.
- MACHADO A. 1854. *Catálogo de las aves observadas en algunas provincias de Andalucía*. Sevilla.
- MADROÑO, A., PALACIOS, C. J. y DE JUANA, E. 1992. La migración de la cigüeña negra *Ciconia nigra* a través de la España peninsular. *Ardeola* 39: 9-13.
- MÁÑEZ, M., GARCÍA, L., IBÁÑEZ, F., H. GARRIDO, H., ARROYO, J.L., DEL VALLE, J.L., CHICO, A., MARTÍNEZ, A. y RODRÍGUEZ, R. 2010. Endangered Waterbirds at Doñana Natural Space. C. Hurford et al. (eds.), *Conservation Monitoring in Freshwater Habitats: A Practical Guide and Case Studies*, DOI 10.1007/978-1-4020-9278-7_30, Springer Science+Business Media B.V. 2010.
- MARTÍN, C., CASAS, F., MOUGEOT, F., GARCÍA J.T. y VIÑUELA J. 2010. Positive interactions between vulnerable species in agrarian pseudo-steppes: habitat use by pin-tailed sandgrouse depends on its association with little bustard. *Anim. Conserv.* 13: 383-389.
- MMA 2005. *Caracterización de los Tipos de Ríos y Lagos, v4.0*. Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino. Madrid, Junio 2005. 251 pp.
- MMARM 2011. *Red Natura 2000*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible: <http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/red-natura-2000/> [consultado 15 noviembre 2011]
- MOREAU, R.E. 1972. *The Palaearctic-African Bird. Migration Systems*. Academic Press, London.
- MORENO-OPO, R., ARREDONDO, A., SORIA, C., GUIL, F., HIGUERO, R. y GÚZMAN, J. 2009. La Cigüeña Negra *Ciconia nigra* en concentraciones postnupciales y migratorias ibéricas: fenología, actividad y estructuras de edades. *Ecología* 22: 127-134.
- MORENO-OPO, R., FERNÁNDEZ-OLALLA, M., GUIL, F., ARREDONDO, A., HIGUERO, R., MARTÍN, M., SORIA, C. y GUZMÁN, J. 2011. The role of ponds as feeding habitat for an umbrella species: best management practices for the Black Stork *Ciconia nigra* in Spain. *Oryx* 45: 446-455.



- NAVEDO, J.G., ORIZAOLA, G., MASERO, J.A., OVERDIJK, O. y SÁNCHEZ-GUZMÁN, J.M. 2010. Long-distance travellers stopover for longer: a case study with spoonbills staying in North Iberia. *J. Ornithol.* 151: 915-921.
- NEWTON, I. 2006. Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds?. *J. Ornithol.* 147: 146-166.
- NORRIS, D.R. y MARRA, P.P. 2007. Seasonal interactions, habitat quality, and population dynamics in migratory birds. *Condor* 109:535–547.
- ONTIVEROS, D. y PLEGUEZUELOS, J.M. 2003. Physical, environmental and human factors influencing productivity in Bonelli's eagle *Hieraaetus fasciatus* in Granada (SE Spain). *Biodivers. Conserv.* 12: 1193 – 1203.
- PARKES, C. y TORÉS, A. 2003. Wintering population of Black Stork (*Ciconia nigra*) in the rice fields of Guadalquivir river, south Spain (1998-2001). *Aves* 40: 184-188.
- PARRA, F. 1988. Cigüeñas negras en Madrid. *Quercus* 31: 5.
- PETIT, D.R. 2000. Habitat use by landbirds along Nearctic-Neotropical migration routes: implications for conservation of stopover habitats. *Stud. Avian Biol.* 20:15–33.
- PETKOV, N., IANKOV, P. y GEORGIEV, D. 2006. Recent status and changes in the breeding population of the black stork *Ciconia nigra* in Bulgaria. *Biota* 7/1-2: 77-82.
- PHILLIPS, S. y SHAPIRE, R. 2004. *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. Proceedings of the 21st international Conference on Machine Learning, (págs. 655-662). Banff, Canadá.
- PHILLIPS, S.J. y DUDÍK, M. 2008. Modeling of species distributions with *Maxent*: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P. y SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190: 231-259.
- PINZON, J., BROWN, M.E. y TUCKER, C.J. 2005. *Satellite time series correction of orbital drift artifacts using empirical mode decomposition*. En: N. Huang (ed), Hilbert-Huang Transform: Introduction and Applications, pp. 167-186.
- POMEROY, A.C., BUTLER, R.W. y YDENBERG, R.C. 2006. Experimental evidence that migrants adjust usage at a stopover site to trade off food and danger. *Behav. Ecol.* 17: 1041–1045.
- PRIETA, J. y TRAVERSO J.M. 2000. Apropiación de nidos de cigüeña negra por rapaces rupícolas. *Quercus* 172: 24-28.

- PULIDO, F. 2007. The genetics and evolution of avian migration. *Bioscience* 57: 165-174.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RENDÓN, M.A., GREEN, A.J., AGUILERA, E. y ALMARAZ, P. 2008. Status, distribution and long-term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south-west Spain. *Biol Conserv* 141:1371–1388.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1987. Nociones sobre Fitosociología, Biogeografía y Bioclimatología. In Peinado, M. and Rivas-Martínez, S. (eds.): *La Vegetación de España*. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.
- ROBERTSON, G. y COOKE, F. 1999. Winter philopatry in migratory waterfow. *Auk* 116: 20-34.
- RODGERS, A.R., y CARR, A.P. 1998. HRE: *The Home Range Extension for ArcView*. Ontario Ministry of Natural Resources, Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario, Canada.
- ROSENVALD, R. y LÔHMUS, A. 2003. Nesting of the black stork *Ciconia nigra* and white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* in relation to forest management. *For. Ecol. Manage.* 185: 217–223.
- RUSSO, D., ALMENAR, D., AIHARTZA, J., GOITI, U., SALSAMENDI, E. GARIN, I. 2005. Habitat selection in sympatric *Rhinolophus mehelyi* and *R. euryale* (Mammalia: Chiroptera). *J. Zool.* 266: 327 – 332.
- SALOMONSEN, F. 1955. The evolutionary significance of bird migration. *Dan. Biol. Medd.* 22: 1- 62.
- SÁNCHEZ, A., FERRERO, J. J., RODRÍGUEZ, A., ROMÁN, J. A. y ÁLVAREZ, J. A. 1993. Propuesta de un plan para la conservación de la Cigüeña Negra en Extremadura. *Alytes* 6: 461-471.
- SANDERSON, E.W., JAITEH, M., LEVY, M.A., REDFORD, K.H., WANNENBO, A.V. y WOOLMER, G. 2002 The Human Footprint and the Last of the Wild. *Bioscience* 52: 891-904.
- SANSEGUNDO, C. 1992. Áreas de concentración e invernada de la Cigüeña Negra en España. En Alonso, J.A., Alonso, J.C. y San Segundo, C. (De): *Selección de*



- hábitat de la cigüeñas (Ciconia ciconia y Ciconia nigra) y áreas de concentración e invernada de la Cigüeña Negra en España*. ICONA. Madrid.
- SANSEGUNDO, C. 1997. Cigüeña Negra *Ciconia nigra*. En Purroy, F. J. (Coord.): *Atlas de las Aves de España (1975-1995)*, pp. 56 - 57. SEO/BirdLife. Lynx Edicions, Barcelona.
- SANSEGUNDO, C., FERNÁNDEZ, J. y TRAVERSO, J.M. 1994. Censo de cigüeñas negras en migración otoñal por Gibraltar. *Quercus* 102:13-16.
- SAUNDERS, H. 1869. On the birds of Southern Spain. *Ibis* 1868: 384-402.
- SCHOENER, T.W. 1968. Sizes of feeding territories among birds. *Ecology* 49:123-141.
- SENAR, J.C. y BORRAS, A. 2004. Sobrevivir al invierno: estrategias de las aves invernantes en la Península Ibérica. *Ardeola* 51: 133-168.
- SEOANE, J., BUSTAMANTE, J. y DÍAZ-DELGADO, R. 2004. Competing roles for landscape, vegetation, topography and climate in predictive models of bird distribution. *Ecol. Model.* 171: 209-222.
- SHAMOUN-BARANES, J., BAHARAD, A., ALPERT, P., BERTHOLD, P., YOM-TOV, Y., DVIR, Y. y LESHEM, Y. 2003. The effect of wind, season and latitude on the migration speed of White Storks *Ciconia ciconia*, along the eastern migration route. *J. Avian Biol.* 34: 97-104.
- SHEEHY, J., TAYLOR, C.M. y NORRIS, D.R. 2011. The importance of stopover habitat for developing effective conservation strategies for migratory animals. *J. Ornithol.* 152 (Suppl 1):S161-S168
- SIA 2005. *Datos por entidad. Sistema Integrado de Información del Agua*. Disponible: <http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/capas.jsp> [consultado 1 mayo 2011].
- SILVA, A. y MÁRQUEZ, F. 1969. Observación de *Ciconia nigra* cerca de Madrid. *Ardeola* 13: 238.
- SINCLAIR, I., HOCKEY, P., TARBOTON, W. y RYAN, P. 2011. *Birds of Southern Africa* (cuarta edición). Princeton University Press, New Jersey.
- STATSOFT 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. Tulsa: StatSoft Incorporated.
- STRANDBERG, R., KLAASSEN, R.H.G., HAKE, M. y ALERSTAM, T. 2010. How hazardous is the Sahara Desert crossing for migratory birds? Indications from satellite tracking of raptors. *Biol. Letters* 6: 297-300.

- STRAZDS, M. 1996. En prensa. *Estatus de la Cigüeña Negra en el mundo*. II Conferencia Internacional sobre Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*). Trujillo, España. Marzo de 1996.
- STRAZDS, M. 2011. *Conservation ecology of the Black Stork in Latvia*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología, Universidad de Letonia.
- STRAZDS, M., VAN DEN BOSSCHE, W., SACKL, P. y TISCHECHKIN, A. 1996. En prensa. *Population trends of the black stork in Europe*. II Conferencia Internacional sobre Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*). Trujillo, España. Marzo de 1996.
- TAMÁS, E.A. 2011. Longevity and survival of the black stork *Ciconia nigra* based on ring recoveries. *Biologia* 66: 912-915.
- TAMÁS, E.A. 2012. *Breeding and migration of the Black Stork (Ciconia nigra), with the special regard to a Central European population and the impact of hydro-meteorological factors and wetland status*. Tesis Doctoral. Universidad de Debrecen.
- TELLERÍA, J.L. 1987. Caracteres generales de la invernada de las aves en la Península Ibérica. En Tellería, J.L. (ed.): *Invernada de Aves en la Península Ibérica. Monografías 1*. Sociedad Española de Ornitología, Madrid. 208 pp.
- TELLERÍA, J. L. 2002. *Objetivos y métodos del seguimiento de poblaciones de aves*. En A. Sánchez (ed): *Actas de las XV Jornadas Ornitológicas Españolas*, pp. 23-32. SEO/BirdLife, Madrid.
- TELLERÍA, J.L., EL MAMY, H., FERNÁNDEZ, J.M., BARTOLOMÉ, J. y MONTIANO, E. 2008. Crocodiles as focal species for conserving water resources in Mauritanian Sahara. *Oryx* 42: 292-295
- TELLERÍA, J. L., RAMÍREZ, A., GALARZA, A., CARBONELL, R., PÉREZ-TRIS, J. y SANTOS, T. 2009. Do migratory pathways affect regional abundance of wintering birds? A test in northern Spain. *J. Biogeogr.* 36: 220-229
- TELLERÍA, J.L., SANTOS, T., REFOYO, P. y MUÑOZ, J. 2012. Use of ring recoveries to predict habitat suitability in small passerines. *Divers. Distrib.* 18 (11): 1130-1138.
- TORAL, G.M. y FIGUEROLA, J. 2010. Unraveling the importance of rice fields for waterbird populations in Europe. *Biodivers. Conserv.* 19: 3459-3469.
- TREINYS, R., LÖHMUS, A., STONČIUS, D., SKUJA, S., DROBELIS, E., ŠABLEVIČIUS, B., RUMBUTIS, S., DEMENTAVIČIUS D., NARUŠEVIČIUS V., PETRAŠKA A. y AUGUTIS,



- D. 2008. At the border of ecological change: status and nest sites of the Lithuanian Black Stork *Ciconia nigra* population 2000–2006 versus 1976–1992. *J. Ornithol.* 149: 75–81.
- TUCKER, C.J., PINZON, J.E., BROWN, M.E., SLAYBACK, D., PAK, E.W., MAHONEY, R., VERMOTE, E. y SALEOUS, N. 2005. An Extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. *International Journal of Remote Sensing* 26 20: 4485-4498.
- VELASCO, T. y TORRALVO, C. A. 2002. El paso migratorio de la cigüeña negra *Ciconia nigra* en los humedales de la zona norte manchega. En, C. A. Torralvo (Ed.): *Anuario ornitológico de Ciudad Real 1995-2001*. SEO-Ciudad Real, Ciudad Real.
- VILLARUBIAS, S., BRAUSSALT, P. y SÉRIOT, J. 2003. Black Stork (*Ciconia nigra*) in France. Revision of the effective breeding birds status. *Aves* 40: 59-60.
- VLACHOS, C. G., BAKALLOUDIS, D.E., OLGA G. ALEXANDROU, O.G., BONTZORLOS, V.A. y PAPAKOSTA, M.A. 2008. Factors affecting the nest site selection of the black stork, *Ciconia nigra* in the Dadia-Lefkimi-Soufli National Park, north-eastern Greece. *Folia Zool.* 57: 251–257.
- WEBSTER, M.S., MARRA, P.P., HAIG, S.M., BENSCH, S. y HOLMES, R. T. 2002. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. *Trends Ecol. Evol.* 17: 76–83.
- YOUNG, J., WATT, A., NOWICKI, P., ALARD, D., CLITHEROW, J. y HENLE, K. 2005. Towards sustainable land use: identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity conservation in Europe. *Biodivers. Conserv.* 14: 1641–1671.
- ZWARTS, L., BJILSMA, R.G., VAN DER KAMP, J. y WYMENGA, E. 2009. *Living on the edge: Wetlands and Birds in a changing Sahel*. The Netherlands: KNNV Publishing, Zeist.